

Kappenisolatoren aus vergütetem Glas

Von Kurt Hocks, Aachen*)

DK 621.315.624.4.027.3 : 621.315.612.6

Einführung

Dem Freileitungsbau stehen für die isolierte Seilaufhängung entweder Kappen- oder Stabisolatoren zur Verfügung. Während sich in Deutschland fast ausschließlich die Stabform durchgesetzt hat, verwendet man im Ausland mit geringen Ausnahmen die Kappenform. Da unter den Kappenisolatoren diejenigen aus vergütetem Glas in zunehmendem Maße bevorzugt werden, wird in dem folgenden Aufsatz über die technisch-physikalischen Eigenschaften dieses Isolierstoffes berichtet¹⁾.

Nach der Vorbehandlung der Isolatoren unterscheidet man Isolatoren aus unvergütetem und vergütetem Glas. Die erstgenannten Isolatoren haben sich in Deutschland für Nennspannungen unter 1 kV bereits gut eingeführt. Sie werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt [1, 2]. Im Gegensatz zum europäischen und außereuropäischen Ausland ist es jedoch für Deutschland verhältnismäßig neu, Isolatoren aus vergütetem Glas für Nennspannungen über 1 kV zu verwenden²⁾.

Von der Vielzahl der Isolatorenarten für den Freileitungsbau wird im Ausland der Kappenisolator für Spannungen über 1 kV am meisten verwendet [3]. J. J. Taylor und A. D. Lantz stellten kürzlich auf Grund 50-jähriger Erfahrungen mit Kappenisolatoren fest, daß die Kappenform auch den an einen Freileitungsisolator in Zukunft zu stellenden erhöhten Anforderungen in einer Weise gerecht würde, daß sie von keiner anderen Isolatorenform ernsthaft bedroht sei [4].

Im Gegensatz zum Ausland bahnte sich in den 30er Jahren in Deutschland ein anderer Weg an, da die hier verwendeten Porzellan-Kappenisolatoren wegen der teilweise erst nach längerem Einbau auftretenden zahlreichen Durchschläge den Sicherheitsanforderungen nicht genügten. Es ist erwiesen, daß diese Durchschläge nicht durch die Konstruktion der Kappenisolatoren hervorgerufen wurden, sondern daß die Durchschläge hauptsächlich darauf zurückzuführen sind, daß unter normalen Betriebsbeanspruchungen, wie mechanische Belastung, Ausdehnungen und Vibrationen, am Isolierkörper allmählich Einrisse entstanden. Der Kappenisolator stellt also weit mehr ein mechanisches als ein elektrisches Problem dar [5].

Es hat sich gezeigt, daß die genannten Nachteile der Porzellan-Kappenisolatoren bei Kappenisolatoren aus vergütetem Glas nicht auftreten. Deshalb sei im folgenden die Eignung vergüteten Glases als Isolierkörper für Kappenisolatoren untersucht.

Vergütetes und unvergütetes Glas

Glasisolatoren werden aus geschmolzenem Glas gepreßt. Die Glaskörper verlassen die Presse mit etwa 850 °C. Wie bereits in mehreren Veröffentlichungen beschrieben [6 bis 10], unterscheidet sich die Herstellung unvergüteter und vergüteter Glasisolatoren durch die Art der Kühlung der Glaskörper.

Werden die Isolatoren gemäß einer festgelegten Temperaturverlaufskurve innerhalb mehrerer Stunden auf Raumtemperatur abgekühlt, so sind die Preßkörper praktisch frei von mechanischen Spannungen. Auf diese Weise werden Isolatoren aus unvergütetem Glas (VDE 0446) hergestellt. Bei nicht einwandfreier Kühlung können im Isolator unkontrollierbare innere Spannungen verbleiben, die, ähnlich wie beim Porzellan, die Bruchfestigkeit herabsetzen.

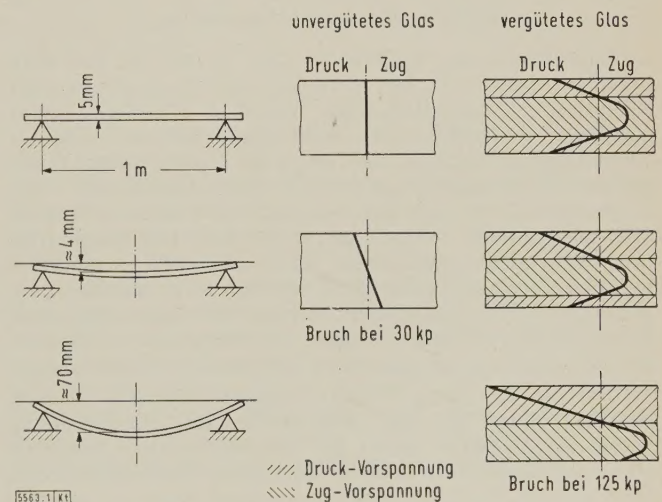


Bild 1. Spannungsverteilung beim Biegeversuch.

Glas hat mit Porzellan und einigen anderen Stoffen die Eigenschaft gemeinsam, daß die Zugfestigkeit fast um eine Zehnerpotenz kleiner ist als die Druckfestigkeit. Man kann aber durch plötzliches Abkühlen bei entsprechender Behandlung einen Spannungszustand erzeugen, der die Bruchfestigkeit erhöht und dem so behandelten Glaskörper, bezüglich seiner Spannungsverteilung, den Zustand des vorgespannten Betons verleiht. Aus dieser Erkenntnis folgte die Entwicklung vergüteter Glasisolatoren (VDE 0446). Dabei werden die Preßkörper mit Luft unter automatischem Einhalten bestimmter Bedingungen plötzlich abgekühlt. Die so entstehenden Druckspannungen in den äußeren Schichten der Isolatoren geben ihnen hervorragende mechanische Eigenschaften.

Bild 1 veranschaulicht, daß bei vergütetem Glas äußere Kräfte, die das Glas zerstören wollen, größer als die Druck-

*) Dipl.-Ing. K. Hocks ist Leiter der Abteilung Glasisolatoren bei der Verkaufsgesellschaft mbH der Vereinigten Glaswerke, Aachen.

1) Allen Mitarbeitern, die ihre Fachkenntnisse dem Verfasser für die Abfassung dieses Aufsatzes zur Verfügung gestellt haben, sei an dieser Stelle herzlichst gedankt. Besonderer Dank gilt Herrn Petit, Direktor der Entwicklungsabteilung im Hause SEDIVER, für die stets vertrauensvolle Mitteilung aller seiner wertvollen Entwicklungs-Ergebnisse.

2) In den VDE-Bestimmungen werden künftig die Glasisolatoren berücksichtigt.

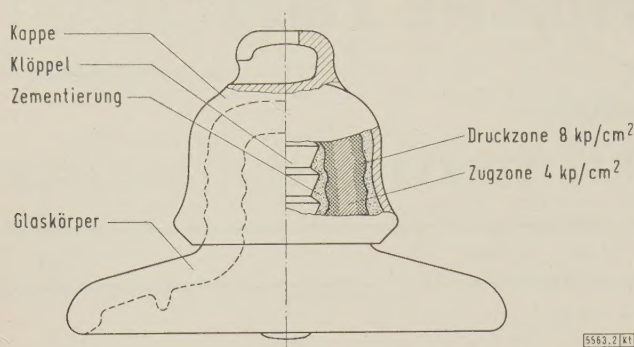


Bild 2. Schematische Darstellung der Spannungsverteilung im Isolatorenkörper.

spannungen an der Oberfläche sein müssen, da sie erst dann die Oberfläche auf Zug beanspruchen können. Der Darstellung sind die Werte eines Versuches mit 5 mm dicken Scheiben der Größe 105 cm × 35 cm zugrunde gelegt, die auf 2 Stützen mit einem Abstand von 100 cm gelagert und belastet wurden. Die Scheiben aus gekühltem, nicht vergütetem Glas brachen bei 30 kp, diejenigen aus vorgespanntem, vergütetem Glas erst bei 125 kp. In letztgenanntem Fall bogen sich die Scheiben bis zum Bruch 70 mm durch, ein Zeichen dafür, daß die durch die aufgebrachten Kräfte entstehenden Biegespannungen zunächst die vorhandenen Druckspannungen abbauen und erst dann die eigentliche Zugfestigkeit des Glases überwinden müssen.

Glaskörper für Kappenisolatoren werden heute so vergütet, daß die Druckspannungen an der Oberfläche etwa 8 kp/mm² und die Zugspannungen im Kern etwa 4 kp/mm² betragen (Bild 2).

Prüfung des vergüteten Glases

Isolierkörper aus vergütetem Glas wurden bis vor etwa 2 Jahren, außer der bei durchsichtigen Glaskörpern sehr erfolgreich durchzuführenden visuellen Prüfung, einer einfachen Temperaturwechselprüfung kalt—warm—kalt unterzogen. Der Temperaturunterschied $\Delta\theta$ bei diesen Prüfungen betrug rd. 85 grd. (kochendes Wasser—Leitungswasser). Mit den bei Temperaturwechseln entstehenden kurzzeitigen Spannungen prüft man bei vergütetem Glas bei Temperaturwechsel kalt—warm die eigentliche Festigkeit des vorgespannten Körpers dadurch, daß die Zugspannungen im Kern erhöht werden; der Fall warm—kalt verringert die Druckspannungen der Oberfläche und scheidet etwa zuwenig vorgespannte Isolierkörper aus (Bild 3).

Diese an sich harten Stückprüfungen wurden vor 2 Jahren anlässlich einer weiteren Automation der Bandfertigung nochmals verschärft, indem die Glaskörper nach dem Vergüten mit wesentlich höheren Temperaturunterschieden geprüft werden. Derartige Beanspruchungen kann nur ein einwandfreier und richtig vorgespannter Isolierkörper über-

stehen. Auf diese Weise werden mit größter Wahrscheinlichkeit alle fehlerhaften Glaskörper vor der Montage ausgeschieden, so daß der früher bei vergüteten Glasisolatoren beobachtete Fehler, daß sie im Anfang ihres Einbaus den Schirm abwarfen, seit 2 Jahren kaum mehr auftritt.

Montage

Vergütete Glaskörper können sehr fest mit den Armaturen verbunden werden, da Tonerde-Schmelzzement als Fugenwerkstoff verwendet werden kann. Bild 4 zeigt den Unterschied des Abbindeverhaltens dieses Zementes gegenüber normalem Portlandzement. Der Tonerde-Schmelzzement erreicht bereits nach 7 Tagen seine Endfestigkeit, wozu Portlandzement mehrere Monate benötigt. Ferner erreicht Tonerde-Schmelzzement die doppelte Druckfestigkeit des Portlandzementes.

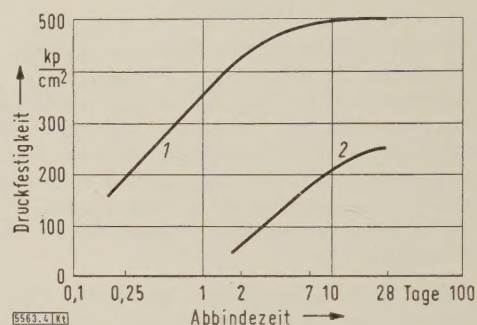


Bild 4. Betondruckfestigkeit in Abhängigkeit von der Abbindezeit.
1 Tonerde-Schmelzzement 2 Portlandzement

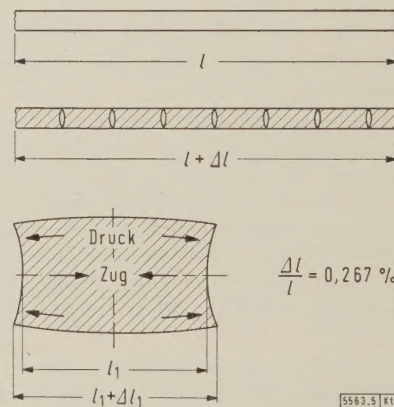


Bild 5. Krümelform des vorgespannten Glases.

Der Elastizitätsmodul von Tonerde-Schmelzzement beträgt im Mittel 7500 kp/mm² und ist somit fast gleich dem des vergüteten und unvergüteten Glases. Isolierstoffe, deren Elastizitätsmodul niedriger liegt, dürfen mit diesem Zement nicht verbunden werden, da sie, wie Versuche gezeigt haben, durch das Fugenmaterial über ihre Druckgrenze beansprucht würden. Die Festigkeit einer Tonerde-Schmelzzementfuge liegt oberhalb der Bruchfestigkeit des vergüteten Glaskörpers.

Wird der Glaskörper zerstört, so zerfällt er in Krümel. Jedes Stückchen vergrößert sein Volumen (Bild 5) und somit auch der gesamte Isolierkörper. Der Tonerde-Schmelzzement ist so hochwertig, daß die hierbei frei werdenden Druckkräfte der Krümel hohe Spannungen zwischen Kappe und Klöppel erzeugen können, die lange Zeit erhalten bleiben. Die Bruchlast zerstörter Glas-Kappenisolatoren liegt daher grundsätzlich oberhalb des Garantiwertes. Es ist sehr beachtlich, daß selbst ein zerstörter Körper noch diese Festigkeit hat.

Am besten bindet der Tonerde-Schmelzzement in einem klimatisierten Tunnel. Durch gleiche Temperatur und Luft-

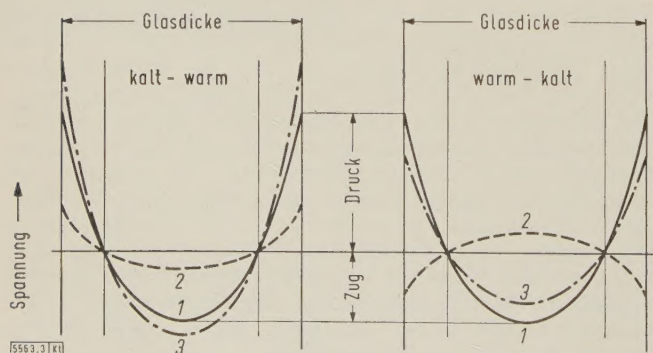


Bild 3. Vorübergehende Spannungen beim Temperaturwechsel.

- 1 Vorspannung 3 Summe der Augenblicksspannungen
2 zusätzliche Wärmeschockspannung

Leuchtigkeit ist in jeder Jahreszeit Gewähr für gleichbleibende Güte gesichert.

Nach dem Verlassen der Klimaanlage werden die Isolatoren gesäubert, nochmals visuell geprüft und können dann bereits der 1-Minuten-Prüflast unterzogen werden. Weitere Prüfungen können bei Glas-Kappenisolatoren entfallen.

Anforderungen an Freileitungsisolatoren

Ein Freileitungsisolator ist im Betrieb mechanischen, thermischen, elektrischen und chemischen Beanspruchungen unterworfen. Um diesen Belastungen gerecht zu werden, muß bei Porzellan ein Kompromiß zwischen verschiedenen Werkstoffeigenschaften geschlossen werden, so daß bestmögliche elektrische, mechanische und thermische Eigenschaften nicht gleichzeitig erreicht werden [11]. Diese Abhängigkeit besteht nicht bei vergütetem Glas: Die Vorspannung ist maßgebend für die mechanische und thermische Widerstandsfähigkeit des Glases; die Zusammensetzung des Glases bestimmt im wesentlichen seine dielektrischen Eigenschaften. Es ergibt sich daher bei der Verwendung von Glas als Isolierstoff die Möglichkeit, die gewünschten Eigenschaften unabhängig voneinander beeinflussen zu können. Diese Gegebenheit ist sicherlich im vorliegenden Anwendungsgebiet einer der Hauptvorteile des vergüteten Glases.

Mechanische Eigenschaften

Kurzzeitbelastung

Aus Großversuchen an Glasisolatoren aus unvergütetem Glas [12] findet man eine Zerreißfestigkeit von 1,5 bis 2 kp/mm². Der Bruch wurde fast immer an der Oberfläche, der schwächsten Zone eines Isolators, eingeleitet. Die Druckvorspannungen des vergüteten Glases haben ihren Höchstwert mit etwa 8 kp/mm² an der Oberfläche des Isolierkörpers und verringern somit sehr wirksam die durch die Oberfläche gegebene Bruchgefahr. Bringen den unvergüteten Isolator 1,5 kp/mm² zu Bruch, so müssen 1,5 kp/mm² + 8 kp/mm² = 9,5 kp/mm², also eine rd. 6-mal größere Last, aufgewendet werden, um den vergüteten Isolator zu zerstören.

Die Zerreißfestigkeit der Glas-Kappenisolatoren wird infolge der Druckvorspannungen des vergüteten Glases allein von der Festigkeit der handelsüblichen Armaturen bestimmt. Bei Zugversuchen bricht niemals das Glas, sondern es brechen lediglich Klöppel oder Klöppelpfanne. Werden serienmäßige Glaskörper des 10-Zoll-Typs, die für Isolatoren mit 10 t mittlerer Bruchlast bestimmt sind, mit verstärkten Armaturen bestückt, so halten diese Isolierkörper ohne Ausnahme 30 t aus.

Langzeitbelastung

Umfangreiche Versuche im Hause SEDIVER [12] haben gezeigt, daß man infolge von Ermüdungserscheinungen für spröde Isolierstoffe, wie unvergütetes Glas oder Porzellan, bei Langzeitbelastung eine Zerreißfestigkeit findet, die kaum die Hälfte der im allgemeinen angenommenen Festigkeit bei Kurzzeitbelastung beträgt. Dies trifft für vergütetes Glas nicht zu. Eine Ermüdung tritt so lange nicht ein, als die äußerlich aufgebrachten Kräfte die Oberflächen-Druckvorspannungen von 8 kp/mm² nicht überschreiten, d. h. bei vergütetem Glas kann lediglich der Werkstoff, nicht aber die künstlich aufgebrachten Druckvorspannungen, ermüden. Bei vergütetem Glas ergeben sich daher für die

Zerreißfestigkeit:

$$\text{rd. } 1,5 \text{ kp/mm}^2 + \text{rd. } 8 \text{ kp/mm}^2 \approx 9,5 \text{ kp/mm}^2,$$

Langzeitbelastung:

$$\text{rd. } (1,5 \cdot 0,5) \text{ kp/mm}^2 + \text{rd. } 8 \text{ kp/mm}^2 \approx 8,75 \text{ kp/mm}^2.$$

Bei vergütetem Glas könnten daher rd. 90% der Zerreißfestigkeit ohne Bedenken als Dauerbelastung angesetzt

werden, wenn nicht die Festigkeit der Armaturen berücksichtigt werden müßte.

Normale 10-Zoll-Glas-Kappenisolatoren mit einer garantierten Kurzzeitfestigkeit von 10 t und 16er Klöppel wurden im Langzeitversuch mehrere Jahre lang mit 9 t belastet, ohne daß Brüche eintraten. Untersuchungen mit Lasten bis 12 t mußten abgebrochen werden, da die Metallarmaturen ausfielen. Ferner wurden Glas-Kappenisolatoren für eine zulässige Höchstlast von 10 t (garantierte Mindestbruchlast 30 t, mittlere Bruchlast rd. 40 t) hergestellt. Derartige Lasten, die bei vergüteten Glasisolatoren zugelassen werden können, gestatten es, den künftigen Leitungsbau, z. B. durch Verminderung der Mehrfach-Abspannketten, ganz wesentlich zu vereinfachen und zu verbilligen.

Nach VDE 0294 § 4 muß bei Hängeisolatoren „der Mittelwert der Bruchlast mindestens das 4-fache des Höchstzuges des Leiters“ betragen. Der Faktor 4 ist im Hinblick auf die Bruchgefahr der Porzellan-Isolierkörper festgelegt worden. Da die Dauerfestigkeit vergüteter Glaskörper oberhalb derjenigen der genormten Armaturen liegt, scheidet bei Kappenisolatoren aus vergütetem Glas der Isolierkörper für die Festlegung des Sicherheitsfaktors aus. Im Ausland hat man dieser Gegebenheit bereits dadurch Rechnung getragen, daß man für Glas-Kappenisolatoren das Verhältnis mittlere Bruchlast zu zulässiger Höchstlast mit 3:1 festgelegt hat.

Nach diesen Feststellungen liegt die Frage nahe, ob die im vergüteten Glasisolator vorhandenen Vorspannungen über lange Zeiträume erhalten bleiben. An vorgespannten „Sekurit“-Sicherheitsgläsern, die seit Jahrzehnten im Automobilbau verwendet werden, konnten bisher keine Veränderungen ihres Spannungszustandes nachgewiesen werden. Vergütete Glasisolatoren, die während 20 min auf 400 °C erhitzt waren, zeigten keine Minderung der Vorspannungen und der mechanischen Festigkeit. Das gleiche trifft zu, wenn sie sehr lange einer Temperatur von etwa 300 °C ausgesetzt waren.

Stoßbeanspruchung

Vergütete Glaskörper sind sehr stoßfest. Ein mechanischer Stoß erzeugt im gestoßenen Körper Schwingungen. Überlagerungen dieser Schwingungen können bei spröden Körpern zum Bruch führen, besonders, wenn die entstehenden Zugspannungs-Maxima in die Oberfläche fallen. Bei vergütetem Glas sind an der Oberfläche Druckvorspannungen vorhanden, so daß die Amplituden der durch den Stoß erzeugten Eigenschwingungen wesentlich größer sein können als bei unvergütetem Glas. So kann der Schirm eines vergüteten Glas-Kappenisolators von einer 2-kg-Stahlkugel aus 2 m Fallhöhe getroffen werden, ohne daß er zerstört wird. Die in einer Fallmaschine mit einem 10-kg-Gewicht ermittelten Fallhöhen waren für gleichartige Glas- und Porzellanisolatoren bei vergütetem Glas 6-mal höher.

Thermische Eigenschaften

Temperaturschwankungen beanspruchen den Isolierstoff eines Kappenisolators infolge verschiedener Ausdehnungen der Eisenarmaturen und des Isolierstoffes. Selbst die in der Natur vorkommenden größten Temperatur-Wechselbeanspruchungen bedeuten für Isolatoren, die der vorgeschriebenen Temperatur-Wechselprüfung mit einem $\Delta\vartheta$ von 70 grd. genügen, keine Gefahr, da die natürlichen Bedingungen ungleich leichter sind als diejenigen der Vorschrift. Prüfungen mit $\Delta\vartheta = 70$ grd. werden von Kappenisolatoren aus vergütetem Glas mit größter Sicherheit überstanden.

Gefährlicher sind dagegen Beanspruchungen, denen der Isolierstoff eines Kappenisolators durch langsam und wiederholt verlaufende Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Der extreme Fall tritt ein, wenn ein Isolator, der bei etwa 15 °C armiert wurde, sich während des Vormittags in Sonderfällen bis auf 70 oder 80 °C erwärmt und sich während Stunden wieder abkühlt. Die Größe der hierdurch be-

dingten Beanspruchungen σ ist proportional der Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta$ und der Differenz des Ausdehnungskoeffizienten α der verschiedenen Werkstoffe:

$$\sigma = (\alpha_{\text{Eisen (Fuge)}} - \alpha_{\text{Isolierstoff}}) \Delta \vartheta \cdot E_{\text{Isolierstoff}}$$

$$\alpha_{\text{Eisen(Fuge)}} = 11 \cdot 10^{-6} / \text{grd}; \quad \alpha_{\text{Isolatoren-Glas}} = 8,3 \cdot 10^{-6} / \text{grd};$$

$$\alpha_{\text{Porzellan}} = 3,5 \cdot 10^{-6} / \text{grd}.$$

Die für die Größe der Spannungen maßgebenden Differenzen der Ausdehnungskoeffizienten sind also für Glas ungefähr $2,7 \cdot 10^{-6} / \text{grd}$ und für Porzellan ungefähr $7,5 \cdot 10^{-6} / \text{grd}$. Ein Porzellan-Isolierkörper wird daher während der Zeit erhöhter Temperatur unter sonst gleichen Bedingungen mechanisch dreimal stärker beansprucht als derjenige aus Glas. Berücksichtigt man die dreimal höhere Festigkeit der vergüteten Glaskörper, so gewährleistet der Glas-Kappenisolator eine neunfach höhere Sicherheit bezüglich der durch Temperaturschwankungen bedingten Ermüdungserscheinungen.

Einfluß von Lichtbögen

In England und Frankreich sind zahlreiche Versuche gemacht worden, die das Verhalten der verschiedenen auf dem Markt befindlichen Isolatoren unter Leistungslichtbögen bei sonst gleichen Versuchsbedingungen untersucht haben. Tafel 1 zeigt die Ergebnisse einer dieser Versuchsserien mit vergüteten Glas-Kappenisolatoren. Die Prüfkörper sind jeweils mit 1 t belastet gewesen. Bruchwerte und Dauer der Lichtbögen sind in der Tafel angegeben. Die Isolatorenketten sind nicht gerissen. Nach der Lichtbogenbeanspruchung wurde ihre mechanische Zugfestigkeit geprüft. Die bei den Zugversuchen festgestellten Bruchwerte lagen ohne Ausnahme oberhalb der Garantiewerte. Die Versuche beweisen, daß Kappenisolatoren aus vergütetem Glas, die dem Lichtbogen ausgesetzt waren, mechanisch außerordentlich fest sind. Bezüglich des Verhaltens der Porzellan-Isolatoren sei auf die entsprechenden Veröffentlichungen hingewiesen [13, 14].

Tafel 1. Bruchlasten von zweigliedrigen, vergüteten Glaskappenisolatoren-Ketten nach Leistungs-Lichtbögen.

Isolatortyp	Garantierte mittlere Bruchlast t	Lichtbogen-		Bruchlast nach Lichtbogen t
		Stromstärke kA	Dauer s	
1506 T	3	1	1	4,4
		2,9	1,04	5,5
		4,2	1,04	4,7
		6,5	1,03	Klößel geschmolz.
		4	1	5,35
1508 N	6	5,8	1,02	5,85
		9,2	0,53	6,9
		7,2	0,78	5,85
		3,8	0,86	5,80
		5,8	0,89	5,05
1512 B	12	6,5	0,85	5,40
		2,8	1,03	13,70
		5,2	0,59	13,85
		8,2	1	10,20
		7,2	0,54	14,00
		6,4	1,03	13,70
		6,5	1,03	13,15

Elektrische Eigenschaften

Die Höhe der Überslagspannungen im trockenen Zustand oder unter Regen hängt bei Kappenisolatoren fast ausschließlich von der Form und den Abmessungen des Isolierkörpers ab. Es ist somit kein Problem, Isolatoren zu entwickeln, die den elektrischen Anforderungen gerecht werden.

Dielektrische Beanspruchung

Für die Herstellung des Kappenisolators wird neben der mechanischen Festigkeit auch ein dielektrisch guter Isolierstoff vorausgesetzt. Die dielektrische Festigkeit wird nach

VDE 0446 wahlweise unter Öl oder mit Stoßspannung gemessen. Eine große Zahl von Veröffentlichungen [15 bis 18] läßt erkennen, daß die Messungen unter Öl bei Porzellan-Kappenisolatoren zu Fehlbeurteilungen der Prüflinge führen können. Wie Versuche im Hause SEDIVER gezeigt haben, gestattet es das Ölprüfverfahren auch für Glas-Kappenisolatoren nicht, reproduzierbare Untersuchungsergebnisse zu erzielen: Während Porzellan-Kappenisolatoren unter Öl innerhalb der Metallkappe durchschlagen, tritt der Durchschlag bei Glas-Kappenisolatoren ohne Ausnahme am Rand der Metallkappe auf.

Das besondere Verhalten der Glas-Kappenisolatoren ist zum wesentlichen Teil die Folge einer starken Feldkonzentration im Öl, die durch die hohe rel. Dielektrizitätskonstante des Glases (7,3 gegen 4 für Porzellan) und die geringe Leitfähigkeit des Öls bedingt ist, wie es von Van Cauwenberghe bereits 1935 nachgewiesen wurde. Ferner haben Versuche bei SEDIVER ergeben, daß eine Prüfung unter Öl nach VDE es nicht gestattet, Unterschiede der dielektrischen Festigkeit verschiedener Gläser festzustellen. Man hat z.B. bei der Untersuchung von Glaszusammensetzungen für eine zu Versuchszwecken hergestellte große Zahl von Glasisolatoren, deren $\tan \delta$ sich wie 1 : 2 verhielt, eine gleiche mittlere Durchschlagsspannung von 105 kV gemessen!

Neue Prüfverfahren

Da Glasisolatoren unter Öl nicht innerhalb der Kappe durchschlagen, kann die dielektrische Festigkeit von Glas-Kappenisolatoren unter Öl also nicht einwandfrei festgestellt werden. Wie neueste Versuche gezeigt haben, beeinflussen die Eigenschaften des Öls die Ergebnisse auch dann, wenn statt mit Wechselspannung mit Stoßspannung gemessen wird.

Es sei auf den Vorschlag für ein neues Prüfverfahren von G. Reverey hingewiesen. Es beruht darauf, daß der dielektrische Durchschlag eines Kappenisolators eine Funktion der Spannung, der Temperatur und der Zeit ist. Da die dielektrische Festigkeit eines Isolierstoffes bei steigender Temperatur abnimmt [19], wird bei dem neuen Verfahren mit erhöhten Temperaturen geprüft. Man heizt die Isolatoren in einem Wärmeschrank auf und mißt nach gegebener Zeit die Durchschlagsspannung in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Meßergebnisse haben gezeigt, daß dieses Wärmedurchschlagsverfahren eine genaue Messung der dielektrischen Festigkeit eines Isolierkörpers gestattet, und ferner, daß die Prüfung mit großer Genauigkeit von der jeweiligen Glassorte abhängige reproduzierbare Werte ergibt. Es wäre sehr zu wünschen, wenn auf Grund der gewonnenen Ergebnisse recht bald eine Norm für ein neues Prüfverfahren geschaffen würde.

Die physikalischen Eigenschaften vergüteten Glases erlauben erstmalig, die Durchschlagsprüfung lediglich als Typenprüfung durchzuführen. Vorgespannte Glas-Isolierkörper haben ohne Ausnahme die ihnen eigene Spannungsfestigkeit, wenn sie maßgerecht gefertigt sind, was bei der automatischen Pressung keine Schwierigkeiten bereitet, und verlieren diese nur dann, wenn sie ihren Schirm abwerfen. Diese nur dem vorgespannten Glas gegebene Eigenschaft beseitigt den bisher einzig schwachen Punkt der Kappenkonstruktion und macht diese praktisch durchschlagsicher.

Wesentlich ist im Augenblick, daß die Messungen nach dem neuen Verfahren eine beachtliche Verbesserung der dielektrischen Festigkeit französischer Glas-Kappenisolatoren mit einer neuen Zusammensetzung gegenüber früher erkennen lassen. Dabei sei vermerkt, daß selbst die alte Glaszusammensetzung den Anforderungen der Praxis voll auf genügt, da Millionen Isolatoren alter Zusammensetzung seit Jahrzehnten selbst unter schwierigsten Bedingungen an den verschiedensten Orten der Erde in Betrieb sind und auch in bezug auf ihr dielektrisches Verhalten nicht versagt haben.

Unabhängig davon, ob in VDE 0446 die Durchschlagsprüfung unter Öl einmal entfallen wird oder nicht, empfiehlt es sich daher, Glas-Kappenisolatoren bis zur Fest-

Regung eines einwandfreien Prüfverfahrens nach VDE 0446 16 mit Stoßspannung zu prüfen. Glasisolatoren bestehen diese Prüfung und verhalten sich dabei sogar wesentlich günstiger als gleichartige Porzellan-Isolatoren [6]. Glas mußte, damit man seine Stoß-Durchschlagspannung feststellen kann, mit einer Stoßspannung geprüft werden, die wesentlich steiler ist als die heute übliche.

Leitungsüberwachung

Wie bereits erwähnt, ist ein in der Leitung montierter Kappenisolator aus vergütetem Glas mit Schirm mechanisch und elektrisch in Ordnung. Wird er aus irgendeinem Grunde zerstört, so fällt der Schirm in Krümeln ab. Die Bruchlast des verbleibenden Rumpfgebildes liegt aus den bereits besprochenen Gründen noch oberhalb des für den einwandfreien Isolator gegebenen Garantiewertes. Das Rumpfgebilde ist aus großer Entfernung erkennbar. Die Überwachung einer glasisolierten Leitung ist also einfach und kann anläßlich der allgemeinen Leitungsbegehung durchgeführt werden. Die Electricité de France überwacht ihre glasisolierten Leitungen vom Hubschrauber aus. Dieses Kontrollverfahren ist gegenüber der bei Kappenisolatoren aus anderem Werkstoff üblichen zeitraubenden und kostspieligen elektrischen Überwachung von großem Wert, vor allem für lange Leitungen und im Gebirge.

Die Tatsache, daß ein mechanisch verletzter Kappenisolator aus vergütetem Glas seinen Schirm abwirft, läßt sich leicht nachprüfen, indem man die Kappe mit einem Widia-Bohrer anbohrt. Verletzt der Bohrer den Glaskörper bis zu einer bestimmten Tiefe, so werden hierdurch die eingefrorenen thermischen Vorspannungen ausgelöst, und durch Zerreißen des gesamten Glaskörpers fällt der Schirm in Krümeln zu Boden.

Dieses Verhalten der Glas-Kappenisolatoren ist nicht nur ein Vorteil für die Leitungskontrolle. Es erklärt ebenfalls die hohe Sicherheit von Kappenisolatoren aus vergütetem Glas bezüglich Explosion des Isolators infolge Durchschlags und anschließendem Leistungslichtbogen: Ist der Isolator fehlerfrei, scheidet er für die vorliegende Betrachtung aus, ist er ohne Schirm, stellt das Rumpfgebilde zwischen Kappenrand und Klöppel eine Funkenstrecke von etwa 1 cm dar und schlägt daher in Luft am Rand über, nicht innerhalb der Kappe durch.

Es war in Laboratoriumsversuchen nicht möglich, Explosionen an Glas-Kappenisolatoren hervorzurufen, selbst dann nicht, wenn der bei durchgeschlagenen und somit auch innerhalb der Kappe zerkrümelten Isolatoren entstandene Luftraum unter der Kappe mit Wasser ausgefüllt war. Die Gefahr der Explosion eines durchgeschlagenen Porzellan-Kappenisolators ist wesentlich größer, was sich im Laboratorium ohne Schwierigkeit nachweisen läßt [20].

Einfluß der Atmosphäre

Der einheitliche Glasisolator bietet den gleichen Oberflächenschutz, wie ihn die Glasur des heterogenen Porzellanisolators künstlich hat. Die dünne Porzellanglasur ist zwar etwas alkaliärmer als die Glasmasse des Glasisolators, aber der wenig höhere Alkaligehalt eines guten Isolatorglases beeinträchtigt die chemischen Eigenschaften der Glasoberfläche nur unwesentlich. Durch Wasserangriff wird das Alkalioxyd in einer dünnen Oberflächenschicht des Glasisolators ausgewaschen. Es bildet sich so eine alkaliarme Oberfläche, welche als Schutzschicht weitere Auslaugung des Glases verzögert und schließlich zum Stillstand bringt.

Zum Erhärten des Gesagten sei erwähnt, daß man im Hauptbahnhof München einige Glasisolatoren in der 15-kV-Fahrleitung während acht Monaten dort aufgehängt hat, wo die Dampflokomotiven auf den Abzug des Schmutzes warten, also an einer Stelle, an der erfahrungsgemäß Verschmutzung und Angriff durch Abgase von Dampflokomotiven ungewöhnlich stark sind. Wenn auch bei Dunkelheit und bei Nebel an diesen Glasisolatoren, wie auch bei Porzellanisolatoren, Entladungserscheinungen beobachtet werden konnten, so führten sie dennoch nicht zu Überschlagen. Nach dem Ausbau zeigten sie selbstverständlich Isolations-

minderungen. Nach dem Reinigen wies im Verneblungsversuch auch der am stärksten verschmutzt gewesene Isolator nur den von neuen Isolatoren her bekannten, hauptsächlich kapazitiven Ableitstrom auf.

Ableitströme

Messungen und Ableitungsversuche verschiedener Isolatorenketten bei 380 kV haben ergeben, daß der Anteil dieser Verluste an den Gesamt-Wirkverlusten einer Leitung vernachlässigbar klein ist. Z. B. setzen sich die gesamten Übertragungsverluste der deutschen 380-kV-Leitungen [21] bei Betrieb mit natürlicher Leistung und durchschnittlichen Witterungsbedingungen [22] wie folgt zusammen:

Stromwärmeverluste	79,00 kW/km,
Koronaverluste	1,45 kW/km,
Kriechstromverluste	0,08 kW/km,
Gesamtverluste	80,53 kW/km.

In diesem Fall ist der Anteil der Kriechstromverluste also nur 0,1 % des Gesamtverlustes. Wie Messungen ergeben haben, können die Ableitungsverluste von Glasisolatoren ungefähr das Doppelte der Verluste von Porzellanisolatoren betragen. Somit kann der Anteil der Kriechstromverluste auf ungefähr 0,2 % der Gesamtverluste ansteigen. Die Verluste durch Glasisolatoren verdienen also keineswegs die Beachtung, die ihnen in einer Veröffentlichung beigemessen wurde [23]. Die weiteren in dieser Veröffentlichung gemachten Angaben über Glasisolatoren sind durch die vorliegenden Ausführungen bereits richtiggestellt.

Fremdschichteinfluß

In Verschmutzungsversuchen wurden in einer Anlage im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet seit 3 Jahren u. a. auch Glasisolatoren des 10-Zoll-Typs unter natürlichen Verschmutzungsbedingungen untersucht [24]. Es hat sich bis heute gezeigt, daß die Glasketten allen Verschmutzungseinflüssen widerstanden haben.

T. Ettlis hat an Porzellan-Kappenisolatoren, Glas-Kappenisolatoren- und Langstabbketten, welche 1½ Jahre natürlicher Verschmutzung ausgesetzt waren, die in diesem Zeitraum an den Ketten aufgetretenen Stromentladungen gezählt und seine Ergebnisse anläßlich der Diskussion der CIGRE [25] 1960 in Tafel 2 wiedergegeben:

Tafel 2. Stromentladungen verschiedener Freileitungsisolatoren bei natürlicher Verschmutzung.

Isolator	Anzahl	Kriechweg mm	Anfangsstrom am 17. 7. 1957 µA	Entladestrom am 18. 1. 1958 µA	Aufzeichnung des Zählers bis zum 6. 2. 1959		
					12 mA	24 mA	36 mA
Kappen-Isolatoren							
Glas	10	2860	246	390	3	1	
Porzellan	10	2400	258	1500-5000	1297	3	
Porzellan gefettet	10	2680	317	470			
Porzellan	10	2920	337	700-5000	13	1	
Porzellan waagerecht	10	2680	235	700-800	1	1	
Porzellan waagerecht	10	2400	222	410			
Porzellan unter 45°	10	2680	187	900/1250	43	1	
Nebekappen-Isolatoren							
Glas	8	2944	324	380	2	1	
Porzellan	8	2520	306	900-1300	1		
Porzellan	8	3440	262	520-1000	2	1	
Porzellan	8	2744	276	600	34	1	
Porzellan	8	3280	320	1120	4	1	
Langstäbe							
7/75/150	2	1960	71	400-1100			a)
9/60/130	2	2060	71	350-5000	1719	30	2 b)
12/75/150	2	2570	80	430-5000	10415	1423	403 c)
17/75/150	2	3540	61	400-1000	329	20	

a) Kette am 27. 3. 1958 übergeschlagen,

b) Kette am 6. 2. 1959 übergeschlagen,

c) Kette am 5. 2. 1959 ausgebaut.

T. Ettis stellte fest, daß er aus den Ergebnissen infolge zu kurzer Versuchsdauer noch keine endgültigen Folgerungen ziehen könne.

Tafel 3. Verhältnis Kriechweg zu Kettenlänge verschiedener Freileitungsisolatoren.

Ver- schmutzungs- grad		Anzahl	Isolator	Ketten- länge cm	Kriech- weg cm	Spalte 6 Spalte 5
1	2	3	4	5	6	7
schwache Verschmutzung (2,2-2,5 cm/kV)	Porzellan	1	NVKL 75/27	127	285	2,25
	Glas	9	1502 F	117	284	2,42
		8	2500 AF	112	302	2,7
starke Verschmutzung (2,6-3,2 cm/kV)	Porzellan	2	NVKL 75/17	179	360	2,01
	Glas	12	1502 F	156	378	2,42
		10	2500 AF	140	378	2,7

Dem Leitungsbau stehen für Hochspannung normale Glas-Isolierkörper und solche mit verlängertem Kriechweg zur Verfügung. Selbst mit der Normalausführung kann das Verhältnis Kriechweg zu Kettenlänge sehr hoch getrieben werden. In Tafel 3 sind in Spalte 7 einige Beispiele für eine 110-kV-Isolation [26] gegeben:

Betriebserfahrungen mit Glas-Kappenisolatoren

Ausfälle

Die im Abschnitt „Prüfung des vergüteten Glases“ S. 50 beschriebene und bis 1958 durchgeführte Kontrolle genügte nicht, um in allen Fällen Glaskörper auszuscheiden, in welchen sich kleinste Fremdkörper befinden, die entweder im Sand enthalten waren oder sich aus der feuerfesten Wannenauskleidung gelöst haben. Ihre Größe spielt für ihre Gefährlichkeit keine Rolle. Selbst bei extrem kleinem Durchmesser kann bei Temperaturwechsel der Isolierkörper brechen. Die mit dem unbewaffneten Auge nicht sichtbaren Fremdkörper können den Glaskörper entweder schon beim Vorspannen, bei der Temperaturwechselprüfung oder, in seltenen Fällen, später zerstören.

In früheren Jahren warfen daher einige Glasisolatoren hauptsächlich in den ersten Monaten ihres Einbaus den Schirm ab, was für die Sicherheit der Seilaufhängung ohne Bedeutung ist³⁾.

Das Verhalten der in Deutschland schon seit Jahren eingebaute Glas-Kappenisolatoren war das gleiche: Nach anfänglichen geringfügigen Schirmabwürfen sind weitere Ausfälle nicht mehr eingetreten. Glasisolatoren stellen auch in dieser Hinsicht eine beachtliche Ausnahme dar, da im allgemeinen Ausfälle, die durch Ermüdungserscheinungen bedingt sind, mit der Zeit ansteigen, wie dies z. B. bei gleichartigen Porzellanisolatoren aus den anfangs geschilderten Gründen der Fall sein kann.

Die Lage hat sich bezüglich der Ausfälle bei Glasisolatoren seit 1958 durch wesentliche Verbesserungen des Schmelz- und Preßprozesses und durch die verschärfte Fertigungskontrolle geändert. Nicht einwandfreie Glaskörper werden fast ohne Ausnahme vor der Montage ausgeschieden, so daß auch in den ersten Monaten des Betriebes fast keine Ausfälle mehr zu verzeichnen sind. Z. B. ist von 20 000 Glas-Kappenisolatoren in 6 Monaten auf der 380-kV-Leitung Bordeaux—Paris kein Isolator ausgefallen.

Funkstörungen

Die elektrische Feldkonzentration ist in der Nähe der Elektroden der Glasisolatoren infolge der höheren Dielektrizitätskonstante des Glases etwas höher als bei Porzellanisolatoren, so daß der einzelne Glasisolator etwas mehr Anlaß zu Funkstörungen geben kann als der Porzellanisolator. Die höhere Dielektrizitätskonstante des Glases bewirkt aber infolge einer höheren Kapazität jedes Elementes eines Glasisolators eine bessere Spannungsverteilung längs der Kette, so daß das unterste Glied einer Glaskette elektrisch weni-

ger beansprucht ist als dasjenige der Porzellankette. Infolge dessen verhält sich die Kette aus Glas-Kappenisolatoren als Funkstörer für Rundfunk und Fernsehen nicht anders als die Kette aus Porzellan-Kappenisolatoren.

Funkstörungen werden aber erfahrungsgemäß nur durch defekte Kappenisolatoren hervorgerufen. Da Glas-Kappenisolatoren, wie oben beschrieben, leicht als zerstört erkannt und daher ersetzt werden können, ist eine Funkstörung durch Glas-Kappenisolatoren nicht gegeben.

Zusammenfassung

Der Werkstoff „vergütetes Glas“ wird den an einen Freileitungsisolator zu stellenden Anforderungen gerecht, weil nur vergütetes Glas die Möglichkeit bietet, die mechanischen und elektrischen Eigenschaften weitestgehend unabhängig voneinander zu entwickeln. Die durch Einfrieren erzielten thermischen Vorspannungen verleihen dem Glas eine hohe mechanische und thermische Widerstandsfähigkeit. Diese ist durch zeitlich unbegrenzt vorhandene Druckvorspannungen bedingt, so daß vergütetes Glas im Freileitungsbau ohne Ermüdung bis nahe an seine hohe Kurzzeit-Bruchlast zeitlich fast unbegrenzt beansprucht werden kann. Vergütetes Glas wird den Anforderungen an den Isolierkörper eines Kappenisolators in einer Weise gerecht, die mit anderen Isolierstoffen zur Zeit nicht zu erreichen ist.

Schrifttum

- [1] Heinze, H.: Zur Verwendung des Glasisolators. Elektrizitätswirtsch. Bd. 53 (1954) S. 614–615.
- [2] Hocks, K.: Niederspannungs-Freileitungsisolatoren aus Glas. Fernmeldepraxis Bd. 30 (1953) S. 737–741.
- [3] Krautt, W.: Neue Leitungsbauten der Verbundgesellschaft Österreich. Z. Elektrizitätswirtsch. Bd. 12 (1959) S. 198–213.
- [4] Taylor, J. J., u. Lantz, A. D. Jr.: Influence des ambiances difficiles sur la conception et l'utilisation des isolateurs. Cigre-Bericht (1960) Nr. 211.
- [5] Obenaus, F.: Aufgabe, Werkstoff und Gestalt technischer Bauelemente. Forschung u. Fortsch. Bd. 30 (1956) S. 194–199.
- [6] Johnston, E. F.: Toughened glass insulators. Electr. Times Bd. 116 (1949) S. 207–208.
- [7] Hocks, K.: Gütesteigerung des Werkstoffes Glas durch Oberflächenveredlung. VDE-Fachber. Bd. 16 (1952) S. 113–116.
- [8] Heinze, H.: Der Glasisolator. Elektrizitätswirtsch. Bd. 55 (1956) S. 93 bis 97.
- [9] Heinze, H.: Erfahrungen mit Glasisolatoren bei Nieder- und Hochspannung. Elektrizitätswirtsch. Bd. 55 (1956) S. 857–863.
- [10] Heinze, H.: Die Anwendung der Glasisolatoren in Frankreich. Elektrizitätswirtsch. Bd. 57 (1958) S. 809–815.
- [11] Schrott, R.: Untersuchung über die Festigkeitsträger in Porzellan. Silikat-Techn. Bd. 4 (1960) S. 160–163.
- [12] Petit, M. A.: Détermination de la résistance asymptotique garantie des isolateurs. Bull. Soc. Française électriciens. Bd. 7 (1953) S. 549 bis 557.
- [13] Morgenstern, G.: Über die Widerstandsfähigkeit keramischer Langstabilisatoren gegenüber kurzzeitigen Hochleistungslichtbögen. Energietechn. Bd. 7 (1957) S. 479–482.
- [14] Glupe, H.: Die Notwendigkeit von Schutzarmaturen in neuzeitlichen Höchstspannungsnetzen. Energietechn. Bd. 8 (1958) S. 158–162.
- [15] Inge, L., u. Walther, A.: Durchschlag von festen Isolatoren in homogenen und nichthomogenen elektrischen Feldern bei Beanspruchungen von langer und kurzer Dauer. Arch. Elektrotechn. Bd. 12 (1929) S. 410–442.
- [16] Halbach, K.: Untersuchungen über den Durchschlag und die Verluste einiger fester Isolierstoffe. Arch. Elektrotechn. Bd. 21 (1929) S. 535 bis 562.
- [17] Handrik, H.: Durchschlagfestigkeit und dielektrische Verluste von Porzellan und Hartpapier. Hescho-Mitt. (1929) H. 46, S. 1–36.
- [18] Müller, H.: Zu Durchschlagversuchen an Isolatoren. Hescho-Mitt. (1931) H. 59/60, S. 1–44.
- [19] Revery, G.: Die dielektrischen Eigenschaften von Hochspannungs-Kappenisolatoren aus vergütetem Glas. ETZ-A Bd. 74 (1953) S. 197 bis 200.
- [20] Meyer, H.: Zur Frage der Betriebssicherheit von Isolatorenketten in Höchstspannungs-Leitungen. ETZ-B Bd. 12 (1960) S. 261–263.
- [21] Gloyer, H., u. Vogelsang, Th.: Die 380-kV-Leitung Rommerskirchen—Hohenek. ETZ-A Bd. 79 (1958) S. 202–206.
- [22] Die 400-kV-Forschungsanlage, Teil II, S. 117. Veröffentlichung der 400-kV-Forschungsgemeinschaft e. V., Heidelberg (1958).
- [23] Weissmantel, H., u. Haensel, R.: Mitteilung der Rosenthal-Isolatoren GmbH, H. 27 (1957) S. 1–25.
- [24] Revery, G., u. Stoltz, E.: Essais d'isolateurs dans les conditions naturelles de pollution. Cigre-Bericht (1960) Nr. 210.
- [25] Ettis, T.: Compte rendu des travaux de la 18ème session CIGRE 1960, Bd. 1.
- [26] Gloyer, H., u. Vogelsang, Th.: Freileitungs-Isolation in Verschmutzungsgebieten. ETZ-A Bd. 78 (1957) S. 252–257.
- [27] Kentzer, M.: Réflexions sur les isolateurs en verre. Silic. Industrie Bd. 14 (1949) S. 171–175.
- [28] The performance of glass insulators and comparisons with porcelain. J. Inst. electr. Engr. Bd. 87 (1940) S. 625–656.
- [29] Spacciani, R.: Isolatori sospeso di vetro temperato. Atti III. Congr. intern. Vetro, Venedig 1953, S. 512–622.
- [30] Belgrado, G.: Isolato di vetro temperato. Vetro e Silic. Bd. 1 (1956) H. 3, S. 21–24.
- [31] Nikolajew, N. D., Andrinchine, T. D., Weseliy, V. A., u. Djanikskiy, S. G.: Glashängeisolatoren für Leitungen. Elektrischestwo (1960) H. 2, S. 41–46.

³⁾ Die Anzahl der Schirmabwürfe betrug in Frankreich innerhalb der Garanzzeit von fünf Jahren im Mittel höchstens 1,4 % jährlich. Nach dieser Zeit hatte die Ausfallkurve praktisch die Null-Linie erreicht.

Die Entwicklung des BBC-Krupp-Hochtemperatur-Reaktors

Von Rudolf Schulten, Andreas Setzwein und Gerhard Wittchow, Mannheim*)

DK 621.039.524.2

Die bisher gebauten Kernkraftwerke arbeiten in wirtschaftlicher Hinsicht noch nicht zufriedenstellend. An der Entwicklung neuer Bauformen, die mit den herkömmlichen Kraftwerken mit Kohlen- oder Olfeuerung in Wettbewerb treten können, wird deshalb an vielen Stellen gearbeitet. Aus diesem Grund haben die beiden Firmen Brown, Boveri & Cie. AG, Mannheim, und Friedrich Krupp AG, Essen, eine Arbeitsgemeinschaft mit dem Ziel gegründet, einen neuartigen Hochtemperatur-Reaktor zu entwickeln. Die Hauptgesichtspunkte, die auf eine Wirtschaftlichkeit dieses Typs hoffen lassen, sind: geringe Anlagekosten, hoher thermischer Wirkungsgrad, hoher Abbrand des Spaltstoffes.

zu. Dafür bot sich Graphit als Strukturwerkstoff an. Graphit ist ausreichend hitzebeständig, und auch seine mechanische Festigkeit genügt völlig. Dadurch wird eine lange Lebensdauer des Brennstoffelementes erreicht, die einen guten Abbrand des in der Graphitkugel eingebetteten Brennstoffes gestattet. Der Brennstoffeinsatz besteht aus

Tafel 1. Daten des BBC-Krupp-Reaktors.

elektrische Leistung	MW	15
thermische Leistung	MW	49
Dampftemperatur	°C	505
Dampfdruck	at	75
Dampfmenge	t/h	55,5
Speisewassertemperatur	°C	110
Kühlgastemperatur (Eintritt Core)	°C	200
Kühlgastemperatur (Austritt Core)	°C	850
Kühlgasdruck	at	10
Core-Radius	m	1,5
Core-Höhe	m	2,20
Dicke des Radialreflektors	cm	50
Uraneinsatz U 235 (20 % angereichert)	kg	23,5
Thoriemeinsatz	kg	340
Durchmesser der Brenn- und Brutstoffkugeln	cm	6
Leistungsdichte	MW/m ³	3,2
Gesamtzahl der Kugeln		rd. 70 000
mittlerer thermischer Neutronenfluß	N/cm ² s	7 · 10 ¹³
Temperaturkoeffizient	1/grad	-4 · 10 ⁻⁵
Anzahl der Abschaltelemente		4

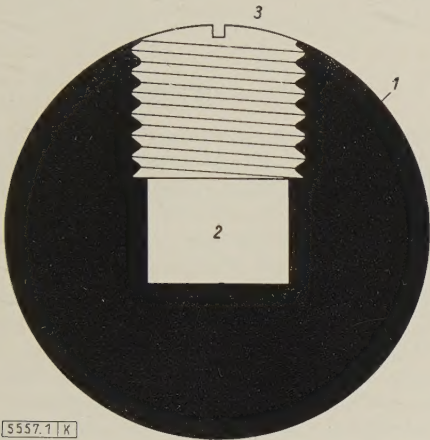


Bild 1. Schnitt durch das heterogene Brennstoffelement, Durchmesser der Kugel 6 cm.

1 Graphithülle; 2 Brennstoffpatrone; 3 Schraubverschluss.

In der westlichen Welt befassen sich mehrere Arbeitsgruppen, vor allem in Amerika und in Großbritannien, mit der Entwicklung von Hochtemperatur-Reaktoren. Allgemein bekannt geworden sind das Dragon-Projekt in Großbritannien und das General-Dynamics-Projekt in den USA. In der Bundesrepublik baut die Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp für eine Gruppe deutscher Energieversorgungs-Unternehmen, die sich zu einer Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor GmbH (AVR) zusammengeschlossen haben, ein Versuchs-Atomkraftwerk mit einem Hochtemperatur-Reaktor von 15 MW elektrischer Leistung. Nach einer dreijährigen Entwicklungszeit wurde nunmehr mit den Bauarbeiten auf dem Gelände des Atomforschungszentrums des Landes Nordrhein-Westfalen in Jülich begonnen.

Der Brennstoff

Wichtigstes Merkmal des Reaktors, und damit ist auch der bedeutendste Unterschied zu den beiden ausländischen Projekten genannt, ist das kugelförmige, heterogene Brennstoffelement (Bild 1). Im Gegensatz zu den stabförmigen Brennstoffelementen, die beim britischen und amerikanischen Projekt verwendet werden sollen, ermöglicht die Kugelform eine wesentlich einfachere und gedrängtere Konstruktion des Reaktors.

Die angestrebten hohen Temperaturen (Tafel 1) ließen eine Verwendung metallumhüllter Brennstoffelemente nicht

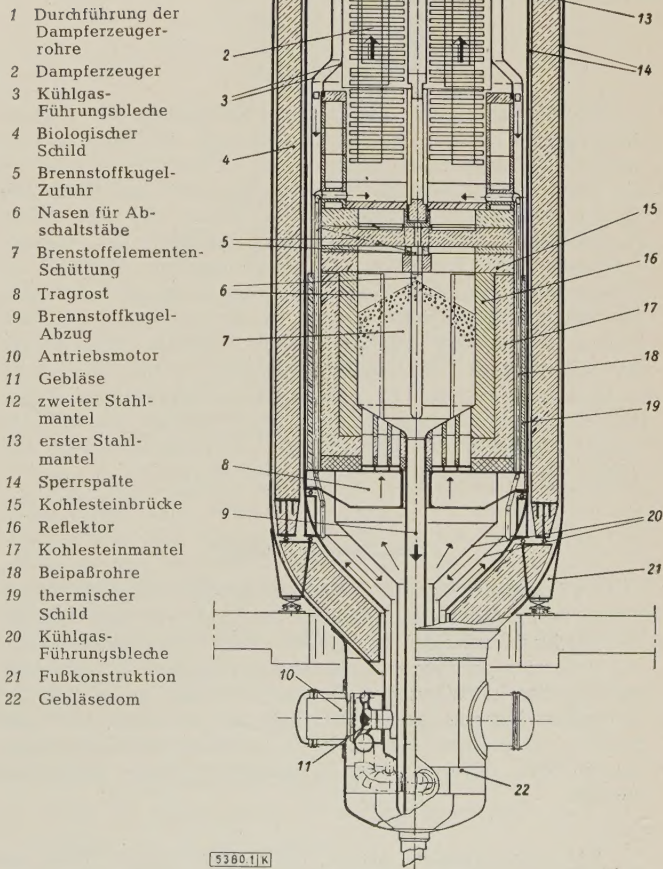


Bild 2. Schematisches Schnittbild des BBC-Krupp-Reaktors.

*) Dr. rer. nat. R. Schulten ist technischer Geschäftsführer, Dipl.-Ing. A. Setzwein ist Abteilungsleiter und Ing. G. Wittchow ist Mitarbeiter der Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp, Mannheim.

einer Mischung von Urankarbid und Graphit, wobei der Uran-235-Gehalt im Urankarbidanteil auf 20 % angereichert wurde.

Durch den Verzicht auf das „Metallcanning“ (Metallumhüllung) muß beim Betrieb des Reaktors allerdings mit einer radioaktiven Verseuchung des primären Kreislaufrs (Kühlgas) gerechnet werden, da der Graphit bisher nicht völlig gasundurchlässig hergestellt werden kann.

Diese Tatsache beeinflusste die Konstruktion des Reaktors wesentlich. Wie Bild 2 erkennen läßt, wird der Reaktorkern, das Core, sowie der darüber angeordnete Dampferzeuger von zwei Stahlbehältern umschlossen. Der innere Stahlbehälter umschließt den Primärkreislauf, also den Kühlgaskreislauf. Zwischen den beiden Stahlbehältern befinden sich außer einer Abschirmwand aus Schwerstbeton — wegen des Strahlenschutzes auch erster Biologischer Schild genannt — die Sperrgaskreisläufe I und II. Im Normalbetrieb wird, da die Drücke der Sperrgaskreisläufe von außen nach innen zum Kühlgasraum hin abnehmen, bei etwaigem Leck Gas nur von außen nach innen dringen.

Der Reaktorkern

Der Reaktorkern selbst besteht aus einem zylinderförmigen Gefäß, dessen Mantel und Boden durch Blöcke reinsten Elektrographits, sogenannten Reflektorgaphits, gebildet wird. Dieses Gefäß wird von Blöcken aus Kohlestein umschlossen. Aus dem gleichen Werkstoff besteht auch die sogenannte Kohlesteinbrücke, die den Reaktorkern nach oben abschließt. Der so gebildete Raum nimmt die kugelförmigen Brennstoffelemente auf. Sie werden durch mehrere Förderrohre aus einem sich unterhalb des Reaktors befindlichen Brennstoffbeschickungsraum in den Reaktorkern eingebracht. An den trichterförmig ausgebildeten Boden des Raumes, in dem sich die Kugelschüttung befindet, schließt das zentral angeordnete Abzugsrohr an, durch das die verbrauchten Brennstoffelemente abgezogen werden¹⁾.

Das Kühlgas

Die im Gebläsedom eingebauten Kühlgasgebläse fördern das Kühlgas (Helium) durch Aussparungen im Tragrost und schmale Öffnungen im Kohlestein und Reflektorgaphit in die Brennstoffelementen-Schüttung. Die bei den Kernspaltungen freigesetzte Wärmeenergie erhitzt das Gas. Beim Durchströmen durch den Wärmeaustauscher des Dampferzeugers gibt das Gas die aufgenommene Wärme an diesen zum größten Teil ab und strömt dann an der Wand des inneren Stahlbehälters entlang nach unten zu den Gebläsen zurück. Die Gebläse, deren Drehzahl veränderlich ist, übernehmen die Leistungsregelung. Die vier Abschaltstäbe, die in sogenannten Graphitnasen innerhalb des Reaktorkernes geführt werden, dienen nur zum Abfangen des Neutronen-Überschusses im Anfangszustand und später zum sofortigen Abschalten des Reaktors.

Der Dampferzeuger

Der Dampferzeuger ist oberhalb der Kohlesteinbrücke in einem zylindrischen Stahlmantel untergebracht. Er wird als Zwangsdurchlaufkessel ausgeführt und besteht aus evolvtenförmig gebogenen Rohren, die einmal eine gute Ausnutzung des kreisförmigen Querschnittes des zur Verfügung stehenden Raumes gestatten, zum anderen aber auch ein derartig elastisches System bilden, daß mechanische Beanspruchungen infolge von Wärmespannungen vermieden werden.

¹⁾ In dem folgenden Aufsatz von A. Setzwein, H. Braun und G. Wittchow: Konstruktionsmerkmale des BBC-Krupp-Hochtemperatur-Reaktors, auf S. 57–64 in diesem Heft, wird auf diese Teile und ihre Arbeit näher eingegangen.

Der Schutzbehälter

Der Reaktor selbst sowie die Anlageteile der verschiedenen gasführenden Hilfskreisläufe befinden sich insgesamt in einem dritten Stahlbehälter, dem sogenannten Schutzbehälter. Er bildet mit seinem Luftraum, der stets auf einem geringen Unterdruck gegenüber Atmosphärendruck gehalten wird, eine weitere Sicherheitszone. Der Schutzbehälter wiederum wird im Abstand von einem Meter von einer 1,50 m dicken Betonwand umgeben, die wegen ihrer strahlenabschirmenden Wirkung mit „Biologischer Schild II“ bezeichnet wurde.

Der Stromerzeuger

Die Ausführung des Sekundärteils (Maschinenhaus) entspricht im wesentlichen der der herkömmlichen Kraftwerke. Der BBC-Krupp-Hochtemperatur-Reaktor erlaubt die Erzeugung hoher Dampftemperaturen und -drücke und damit den Bau einer dem Primärkreislauf nachgeschalteten Turbine üblicher Bauart mit hohem thermischen Wirkungsgrad.

Wirtschaftlichkeit

Der einfache Aufbau des Reaktors, die Beschränkung der Hilfskreisläufe auf ein Mindestmaß und der für gasgekühlte Reaktortypen gute Anlagen-Wirkungsgrad dürfte für Kraftwerksgrößen von 100 MW elektrischer installierter Leistung und darüber spezifische Anlagekosten ergeben, die für Kernkraftwerke bisher nicht erreicht wurden.

Die hohe Ausnutzbarkeit des Spaltstoffes erlaubt, die Wirtschaftlichkeit der Anlage noch wesentlich zu verbessern, indem ein Brutprozeß angestrebt wird. Dabei wird der Spaltstoff nicht nur zum Erzeugen von Wärmeenergie genutzt, sondern gleichzeitig für die Gewinnung von neuem Spaltstoff im Reaktor selbst mit verwendet. Aus dem nicht spaltbaren Thorium wird durch einen Kernprozeß, bei dem ein Neutron in den Thorium-Atomkern eindringt, das spaltbare Uran 233 erzeugt. Diese U 233-Menge wird zum größten Teil im Reaktor selbst gleichzeitig mit dem eingesetzten U 235 verbraucht, teilweise kann es aus den abgebrannten Uramelementen chemisch einfach entfernt und als neuer Spaltstoff verwendet werden. Dieser Brutprozeß erlaubt nicht nur die bessere Ausnutzung des eingesetzten Spaltmaterials, sondern auch die sehr billige Erzeugung von neuem U 233.

Die geringen Anlagekosten in Verbindung mit dem hohen Ausnutzungsgrad des Spaltstoffes und damit den sehr geringen Brennstoffkosten lassen eine günstige Gesamtwirtschaftlichkeit des BBC-Krupp-Hochtemperatur-Reaktors als wahrscheinlich erscheinen.

Das 15-MW-Versuchskraftwerk der AVR in Jülich soll zeigen, ob die dem Projekt zugrunde gelegten Annahmen bezüglich des physikalischen und technischen Verhaltens des Reaktors zutreffen. Sollte dies im wesentlichen der Fall sein, so dürfte die Wahrscheinlichkeit, daß eine neue wirtschaftliche Stromerzeugungsquelle zur Hand ist, groß sein.

Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeit der bisher in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke befriedigt noch nicht. Sowohl in England als auch in den USA wird deshalb an der Entwicklung von Hochtemperatur-Kernreaktoren gearbeitet. In der Bundesrepublik Deutschland stellt zur Zeit die Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor GmbH der Energieversorgungs-Unternehmen einen graphitmoderierten heterogenen Hochtemperatur-Reaktor für 15 MW elektrischer Leistung bei Jülich her, der die Grundlage für spätere größere Kernkraftwerke bilden soll. In dem Aufsatz werden die wesentlichen Bauteile des Versuchsreaktors kurz beschrieben.

Konstruktionsmerkmale des BBC-Krupp-Hochtemperatur-Reaktors

Von Andreas Setzwein, Helmut Braun und Gerhard Wittchow, Mannheim *)

DK 621.039.524.2

Allgemeines

Der von der AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor GmbH) im August 1959 an die von R. Schulten geleitete Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp in Auftrag gegebene gasgekühlte Hochtemperatur-Reaktor ist eine Neuentwicklung. Das Entwicklungsziel ist die wirtschaftliche Erzeugung elektrischer Energie. Günstige Werte für folgende Faktoren, die sich im Laufe der Reaktorentwicklung für die Wirtschaftlichkeit von Kernreaktoranlagen als ausschlaggebend erwiesen haben, sollen erreicht werden:

- Hohe Kühlmitteltemperatur,
- hoher Abbrand des Kernbrennstoffes,
- hohe spezifische Leistung (Leistungsausbeute je Kilogramm eingesetztes Uran),
- hohe Leistungsdichte (hohe Leistungsausbeute je Volumeneinheit des Reaktorcores),
- einfache Ausführung unter Vermeidung von außergewöhnlichen Werkstoffen.

Zum Erreichen der hohen Kühlmitteltemperaturen kann bei den wassergekühlten Reaktoren die nukleare Nachüberhitzung als derzeitiges Entwicklungsziel angesehen werden. Bei den gasgekühlten Reaktoren war die erreichbare Temperatur bisher durch die größte zulässige Temperatur des Umhüllungswerkstoffes der Brennstoffelemente begrenzt. Neuartige gasgekühlte Hochtemperaturreaktoren verwenden deshalb Brennstoffelemente ohne Umhüllung.

Zum Vermindern der Brennstoffkosten ist der höchstmögliche Abbrand des benutzten Urans von ausschlaggebender Bedeutung. Bei den Brennstoffelementen, die beim BBC-Krupp-Reaktor verwendet werden, soll der Abbrand so groß sein, daß sich eine Aufbereitung des verbrauchten Urans nicht mehr lohnt. Durch die Kugelform des Brennstoffelements kann eine günstige Beschickung und damit ein günstiger Reaktivitätsverlauf erreicht werden. Als Entwicklungsziel kann der Brutreaktor angesehen werden, der mehr Spaltstoff erzeugt als er verbraucht.

Dank der günstigen Anordnung der Brennstoffelemente genügt eine geringe Menge an Spaltstoff für das Kritischwerden des Reaktors bei hoher Temperatur. Damit ergibt sich eine verhältnismäßig hohe spezifische Leistung und hierdurch eine kleinere Investierung für den Spaltstoff. Durch die hohe Kühlmitteltemperatur läßt sich bei dem gasgekühlten Reaktortyp eine große Leistungsdichte verwirklichen, die niedrige Anlagekosten ergibt.

Gesichtspunkte für die Wahl der Bauart

Das Ziel, wirtschaftliche Atomkraftwerke zu entwickeln, die mit überhitztem Dampf oder einem unmittelbaren Gaskreislauf arbeiten, ist nur mit so hohen Betriebstemperaturen im Reaktor zu erreichen, daß viele Werkstoffe aus technischen Gründen nicht verwendet werden können oder zu teuer sind. Als Konsequenz hieraus ist zuerst der Verzicht auf eine besondere Umhüllung der Brennstoffelemente zu nennen. Dies bedingt aber einen radioaktiv verseuchten Primär-Kühlkreislauf und bestimmt ganz wesentlich die Konstruktion des Reaktors.

Für den Bau des Moderators steht eine Reihe von Werkstoffen zur Verfügung, z.B. Graphit, schweres Wasser, Beryllium usw. Verwendet man jedoch — wie es bei vorliegendem Projekt geschieht — Graphit als Moderator, so kann man auf einen kostspieligen Druckkessel, der bei Anwendung von flüssigen Moderatoren erforderlich wäre, verzichten. Der Moderatorstoff dient gleichzeitig als Strukturmaterial für den Spaltstoff. Diese besondere Art der Brenn-

stoffelemente, die sogenannten Matrix-Elemente, ist das zweite wesentliche Merkmal des vorliegenden Reaktors.

Wesentlich war auch die Wahl des Kühlmediums. Die Anwendung hoher Kühlmitteltemperaturen führt zu Gasen und wegen des chemischen Verhaltens im Kreislauf und der Aktivierung im Reaktor zu bestimmten Edelgasen. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen entschied man sich für Helium.

Für den Spaltstoff selbst wird ebenfalls eine sehr temperaturbeständige Verbindung, Urankarbid, gewählt.

Nachdem die Werkstoffe für den Reaktorkern bestimmt worden waren, verblieb noch die Entscheidung über die Form der Spaltstoffelemente. Beim BBC-Krupp-Reaktor wurde die Kugelform gewählt, wobei die Kugelgröße so festgelegt wurde, daß Druckabfall und Wärmeübergang in der Kugelschüttung bestmögliche Werte ergeben. Die Kugelform ermöglicht eine einfache und sichere Beschickung des Reaktors während des Betriebes.

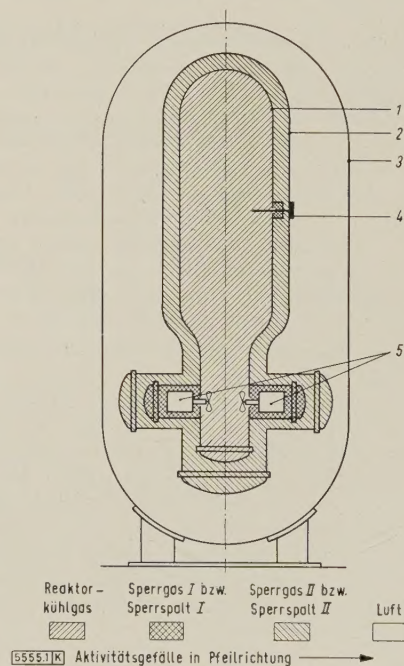


Bild 1. Anordnung der Sperrspalte.

- 1 innerer Reaktorbehälter
- 2 äußerer Reaktorbehälter
- 3 Schutzbehälter
- 4 Thermoelement
- 5 Kühlgasgebläse und Antriebe

Die Verwendung dieser besonderen Brennstoffelemente führt dazu, den Moderator (Graphit) gleichzeitig als Umhüllung für den Spaltstoff zu verwenden. Da bislang noch kein Graphit hergestellt wird, der gasundurchlässig ist und damit eine Diffusion gasförmiger Spaltprodukte aus dem Spaltstoffeinsatz durch die Graphithülle verhindert, wurde der Reaktor von Anfang an unter Berücksichtigung des verseuchten Primärkreislaufs entwickelt.

Auf Grund der aufgeführten Voraussetzungen können die wesentlichen Konstruktionsmerkmale wie folgt zusammengestellt werden:

- Anordnung von zwei Sperrspalten I und II,
- Wahl der sogenannten Einbehälterbauweise,
- Einbau gekapselter Gebläse,
- Notwendigkeit einer Gasreinigungs- und Entseuchungsanlage,

*) Dipl.-Ing. A. Setzwein ist Abteilungsleiter, Ing. H. Braun und Ing. G. Wittchow sind Mitarbeiter der Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp, Mannheim.

besondere Ein- und Ausbautechnik für Teile im verseuchten Kreislauf.

Die Kugelform der Brennstoffelemente führte zu folgenden Merkmalen:

stationärer Aufbau der Beschickungsanlage,
schleusenartiges Be- und Entladen des Reaktors,
Brennstoffkugel-Umlauf.

Konstruktionseinzelheiten

Im Rahmen dieses Berichtes kann nicht auf alle Gründe eingegangen werden, die zur Wahl einer bestimmten Bauform geführt haben; vielmehr soll die folgende Beschreibung das Besondere einiger Konstruktionsteile aufzeigen.

Die Sperrspalte

Es bestand die Aufgabe, den radioaktiv verseuchten Kühlgas-Kreislauf so gegen die Außenatmosphäre abzuschirmen, daß eine Verseuchung der Luft sicher vermieden wird. Diese Aufgabe läßt sich durch die Hintereinanderschaltung von mehreren kontrollierten Sperrgaszonen lösen. Bild 1, unten, stellt den stufenweisen Abbau der im Reaktor-Kühlkreislauf vorhandenen Aktivität zur Atmosphäre bildlich dar.

Alle nicht in die Reaktorbehälter eingeschweißten Durchführungen werden von einer zusätzlichen, räumlich eng begrenzten Stahlhülle umgeben, in die ein Sperrgas eingeleitet wird. Diese Räume werden mit Sperrspalt I bezeichnet und erhalten einen um etwa 0,1 at höheren Druck als das Kühlgas im inneren Reaktorbehälter. Sowohl der innere Behälter als auch die Sperrspalt-I-Räume sind von einem zweiten Stahlbehälter umschlossen. Der Zwischenraum wird mit Sperrspalt II bezeichnet, und das Gas darin erhält einen wiederum um 0,1 at höheren Druck als das Sperrgas I. Um in die freie Umgebung zu gelangen, müßte also ein radioaktives Atom zuerst gegen den höheren Druck im Sperrspalt I und von dort gegen den nochmals höheren Druck im Sperrspalt II diffundieren.

Schließlich umschließt ein dritter Behälter (Schutzbehälter) den Reaktor, seine Hilfskreisläufe und Sicherheits-Einrichtungen und bildet mit seinem Luftraum, in dem Unterdruck gegenüber der Außenatmosphäre herrscht, eine dritte Sperrzone. Da alle drei Zonen ständig auf etwaige radioaktive Verseuchung überwacht werden und außerdem ein bestimmter Reinheitsgrad in diesen Zonen durch die später beschriebene Entseuchungsanlage eingehalten wird, ist das Ausströmen radioaktiven Kühlgases in die Außenatmosphäre sicher unterbunden.

Die Einbehälter-Bauweise

Die Tatsache, daß die Leckagemenge bei gasgekühlten Reaktoren mit der Anzahl und Größe der Durchführungen durch die Reaktorgefäßwände wächst, führte zu dem Entschluß, möglichst den gesamten Primärkreislauf (Bild 2), d. h. den Reaktorkern 5, den Dampferzeuger 3 und die Gebläse 6, in einen gasdichten Stahlbehälter 16 einzubauen. Damit entfielen weitere Probleme, wie die Wärme-Isolierung, Wärme-Kompensation und die Abschirmung der Rohrleitungen, die sonst notwendigerweise die in einzelnen Behältern untergebrachten Anlagenteile des Primärkreislaufes verbinden müßten. Dem Einwand, daß damit eine etwaige Instandsetzung der eingebauten Anlagenteile erschwert oder unmöglich gemacht wird, kann folgendes entgegeng gehalten werden:

Ein Schaden am Aufbau des Reaktorkernes wird nicht erwartet. Die mechanische Belastbarkeit der Graphiteinbauten ist bis zu einer Temperatur von 2000 °C gut. Die erwarteten Höchsttemperaturen in Störfällen liegen weit darunter. Strahlenschädigungen der Baustoffe werden durch die hohen Temperaturen weitestgehend „ausgeheilt“.

Obwohl für den Dampferzeuger eine Ausbaumöglichkeit vorgesehen wurde, wird sich jedoch die Notwendigkeit

eines Ausbaues kaum ergeben. Durch die Verwendung des nicht aggressiven Edelgases Helium als Kühlgas sowie die nur geringen Temperaturschwankungen des Kühlgasstromes ist die Betriebssicherheit des Dampferzeugers sehr hoch. Außerdem wurde durch die Aufteilung des Dampferzeugers in vier gleiche parallele Systeme und durch das Hinein- und Herausführen der einzelnen Systemrohrschlangen das Abschalten eines schadhaften Systems oder nur eines beschädigten Rohres von außen ermöglicht. Durch diese Maßnahmen, verbunden mit einer Reserve der Heizfläche von 10 % sowie sorgfältigster Prüfung aller Teile vor dem Einbau in den Reaktor, ist die Wahrscheinlichkeit, den ganzen Dampferzeuger auswechseln zu müssen, sehr gering.

Die gekapselten Gebläse

Bild 3 zeigt den Schnitt durch eines der beiden Gebläse. Gebläsegehäuse und Druckspirale 1 sind am Gebläsedom des inneren Behälters 2 angeschweißt und befinden sich innerhalb der radioaktiven Kühlgas-Atmosphäre. Auf der zweifach gelagerten Welle 3 sind der Antriebsmotor 4 sowie das Gebläse-Laufrad 5 angeordnet. Durch den Einbau des Gebläsemotors in den Reaktorbehälter wurde eine besonders große und nicht so einfach abzudichtende Drehdurchführung vermieden.

Der Motor befindet sich in einem Druckzylinder 6, der am Gebläsegehäuse angeflanscht ist. In diesem Druckzylinder umpölpelt Sperrgas I den Motor und die Lager 7. Wie der innere Reaktorbehälter, so ist auch der Druckzylinder von Sperrgas II umgeben. Die nach dem Laufrad angeordnete Stopfbüchse 8 verhindert, daß das radioaktive Kühlgas zum leicht verseuchten Sperrgas-I-Raum strömen kann.

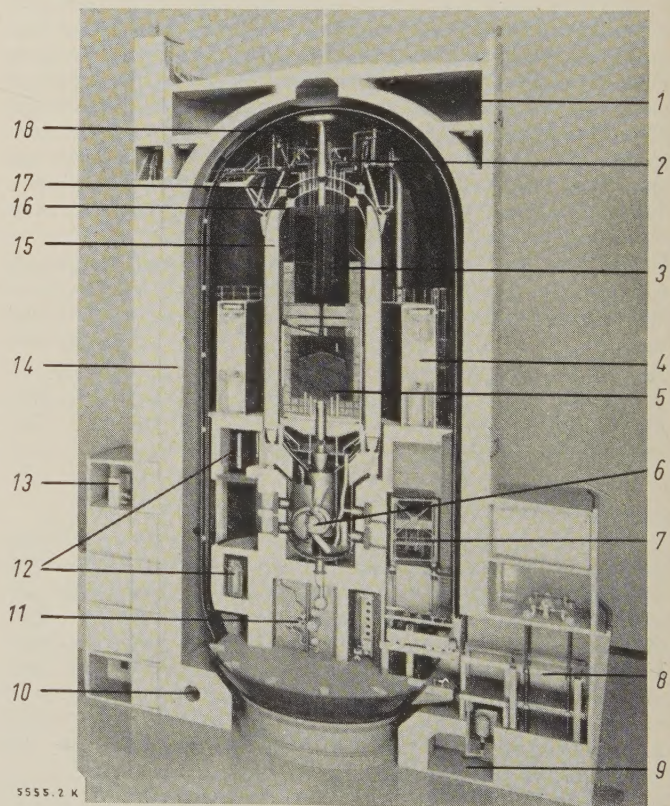


Bild 2. Schnittmodell des Atomkraftwerkes.

- | | |
|---|--|
| 1 Kühlwasser-Hochbehälter | 11 Raum für den Brennstoffelementen-Umlauf |
| 2 Speisewasser- und Dampfsammler | 12 Einbaubehälter für Kühlgasreinigung- und Entseuchungsanlage |
| 3 Dampferzeuger | 13 Raum für die Brennstoffelementen-Zugabe |
| 4 Sicherheits-Kühleinrichtung | 14 Biologischer Schild II |
| 5 Reaktorkern | 15 Biologischer Schild I |
| 6 Kühlgasgebläse | 16 innerer Reaktorbehälter |
| 7 Montagewagen | 17 äußerer Reaktorbehälter |
| 8 Lasten-Aufzug | 18 Schutzbehälter |
| 9 Raum für den Brennstoffelementen-Abzug | |
| 10 Lagerraum für verbrauchte Brennstoffelemente | |

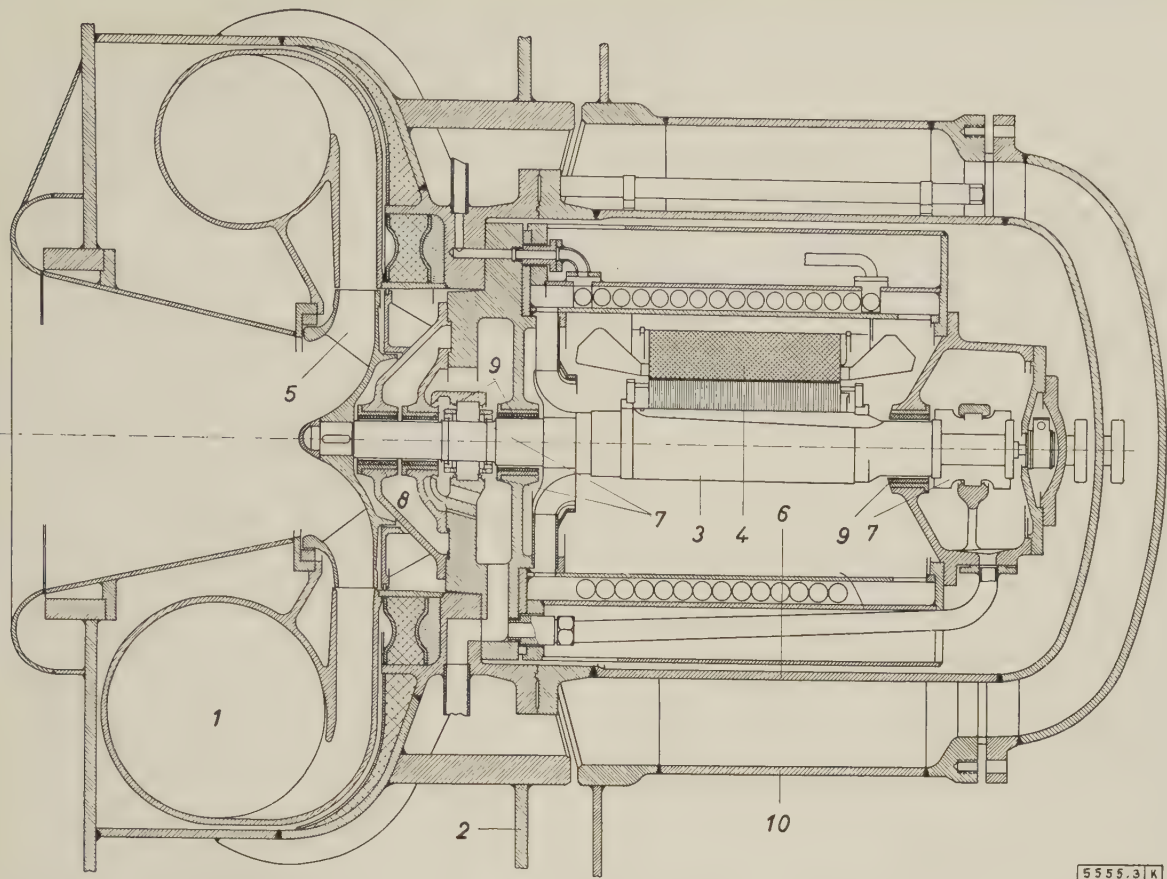


Bild 3. Gekapseltes Kühlgasgebläse.

- | | | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|
| 1 Druckspirale | 3 Welle | 5 Gebläse-Laufrad | 7 Lager | 9 Lager-Stopfbuchsen |
| 2 innerer Reaktorbehälter | 4 Antriebsmotor | 6 Sperrgas-I-Behälter | 8 Stopfbuchse I | 10 äußerer Reaktorbehälter |

Zwei weitere Stopfbuchsen beidseitig des ersten Lagers, wie auch eine vierte auf der Kammlagerseite, sorgen dafür, daß kein Öl aus dem Lagerraum in den Sperrgas-I-Raum treten kann.

Die Stopfbuchse in Verbindung mit dem Sperrgas hat folgende Funktion:

Zwischen Laufrad und erster Stopfbuchse ist der Gebläsedruck vorhanden. Der Druck auf der anderen Stopfbuchsen- und auf der Kammlagerseite wird gegenüber dem Gebläse-Enddruck um den Betrag von mehreren Millimetern Wassersäule höher eingestellt. Dadurch entsteht eine Strömung des Sperrgases I gegen das Kühlgas. Selbst bei einem Druckunterschied von nur 1 mm WS wird die Gegenströmung bei der gewählten Stopfbuchsenbauart ungefähr 200-mal so schnell sein wie die Diffusionsgeschwindigkeit. Die Stopfbuchse ist so ausgeführt, daß die unter 45° gegen die Strömung geneigten eingestemmten Spitzen gegenüber dem im Gehäuse eingesetzten glatten Graphitring gefahrlos ein Spiel von 0,1 mm erlauben.

Um zu verhindern, daß Oldunst in das Sperrgas I gelangt, ist in den Lagerräumen ein geringerer Druck eingestellt, so daß durch die vorgeschalteten Stopfbuchsen Sperrgas I in die Lagerräume strömt.

Die Leckverluste vom Sperrgas I, sowohl in das Reaktor- als auch zu den Öl-Gas-Trennfiltern, sind eine Funktion der auf beiden Seiten der Stopfbuchsen herrschenden Drücke. Bei einem gut eingestellten Differenzdruck ergeben sich Gasleckagen von einigen Kubikmetern in der Stunde, die sich über die Entseuchungsanlage oder aus dem Rein- gasbehälter ohne Schwierigkeiten ersetzen lassen.

Zur Konstruktion der Gebläse ist noch zu bemerken, daß alle Zu- und Abführungen für Strom, Öl, Wasser, Sperrgas I und die Meßleitungen durch den breiten Motorgegenflansch, der mit dem Druckzylinder für Sperrgas I ein gemeinsames Teil bildet, radial von außen nach innen oder umgekehrt

geführt werden. Somit entfällt das Lösen oder Verbinden von Leitungsflanschen bei einem etwa erforderlichen Austausch des Motors oder des Gebläse-Laufrades.

Gasreinigungs- und Entseuchungsanlage

Störende inaktive Verunreinigungen, z. B. Graphitstaub, H_2O , CO , H_2 , Luft, Öl usw., werden in zwei Stufen aus dem Kühlgas entfernt. In der sogenannten Gas-Vorreinigungs- anlage (Bild 4) wird der Graphitstaub, der durch die gegenseitige Reibung der Brennstoffelemente sowie durch das Anblasen der Brennstoffkugeln mit staubhaltigem Kühl- gas entsteht, herausgefiltert. Wie Versuche gezeigt haben, lagert sich ein großer Teil der festen Spaltprodukte, die aus den Brennstoffelementen diffundieren, an dem Graphitstaub an, so daß er radioaktiv wird. Für die Kon- struktion des Graphitfilters (Schwebstofffilter) ergab sich so- mit die Forderung, besonderen Wert auf leichte Ausbaubar- keit zu legen. Darüber hinaus muß er gekühlt werden, weil bei abgeschalteter Anlage die Zerfallsenergie der radioaktiven Spaltprodukte noch groß sein kann.

Der Gas-Vorreinigungsanlage fällt weiterhin die Auf- gabe zu, im Störfall (z. B. Rohrreißer eines Dampferzeuger- systems) größere Mengen von Wasser zu entfernen. Dies geschieht mit einem üblichen Gaskühler. Für die konstruk- tive Auslegung kommt auch hier lediglich die Forderung eines etwaigen Ausbaues bei radioaktiver Oberflächen- Verseuchung hinzu. Die übrigen inaktiven Verunreinigun- gen werden in der später beschriebenen sogenannten In- aktiv-Reinigungsanlage (IRA) aus dem Kühlgas entfernt.

In der Entseuchungsanlage, die der Gas-Reinigungsanlage nachgeschaltet ist (Bild 4), wird das Kühlgas von gas- förmigen radioaktiven Spaltprodukten, im wesentlichen von den Isotopen des Xenons und Kryptons, gereinigt. Dabei ist davon auszugehen, daß die gasförmigen Spaltprodukte aus den Brennstoffelementen in das Kühlgas austreten und sich

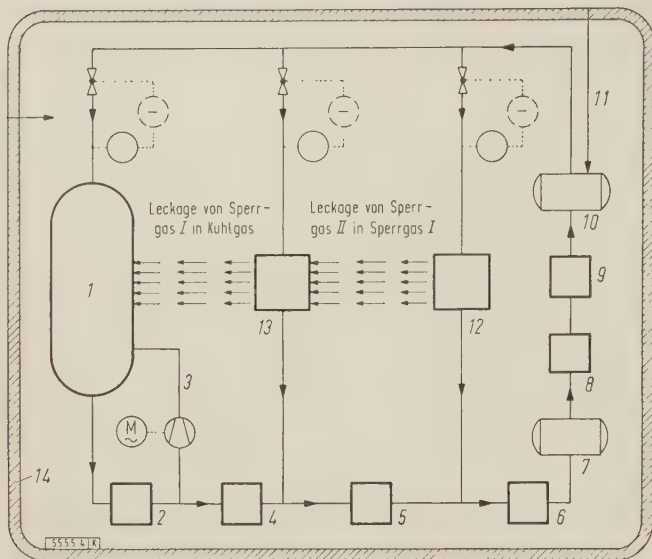


Bild 4. Grundschaltbild der Gasreinigungs- und Entseuchungsanlage.

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 Kühlraum des Reaktors (10,25 at) | 12 Sperrspalt-II-Räume (10,45 at) |
| 2 Gas-Vorreinigungsanlage, Abscheidung von Grobverunreinigungen wie Öl, Graphitstaub und Wasser | 13 Sperrspalt-I-Räume (10,35 at) |
| 3 Gas-Rückführgebläse | 14 Schutzbehälter |
| 4 Gas-Entseuchungsanlage. Entseuchung auf Sperrgas-I-Konzentration | |
| 5 Gas-Entseuchungsanlage. Entseuchung auf Sperrgas-II-Konzentration | |
| 6 Gas-Entseuchungsanlage. Entseuchung auf Reingaszustand | |
| 7 Gas-Pufferbehälter (8 at) | |
| 8 Gas-Membranpumpe | |
| 9 Inaktiv-Reinigungsanlage | |
| 10 Reingasbehälter (40 at) | |
| 11 Reingaszufuhr | |

dadurch in dem Kühlgas, entsprechend den Halbwertszeiten dieser Spaltprodukte, ein stationärer Pegel der Radioaktivität einstellt. Werden diese Spaltprodukte nicht beseitigt, so würde sich ein Aktivitätspegel ergeben, der bei einer Störung die Umgebung gefährden könnte. Es muß also dafür gesorgt werden, daß dieser Aktivitätspegel unter einem vertretbaren Wert bleibt. Hierfür sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

Einmal wird, wie bereits erwähnt, durch die Sperrgasräume I und II das Herausdiffundieren der Spaltprodukte durch die Reaktorbehälter in den Schutzbehälter und von dort in die Atmosphäre verhindert oder bei einer Störung (Drucksenkung in den Sperrzonen) doch sehr wesentlich verlangsamt. Dadurch zerfällt bereits der größte Teil der kurzlebigen Spaltprodukte im Reaktor oder in seinen Sperrgasräumen, womit wiederum der Aktivitätspegel wesentlich herabgesetzt wird.

Da das Herausdiffundieren von festen radioaktiven Spaltstoffen vernachlässigbar klein ist, verbleiben nur noch die langlebigen gasförmigen Isotope für die Herausnahme in der Entseuchungsanlage. Dabei wird nochmals zwischen dem Xe 133-Isotop mit der Halbwertszeit von 5,6 Tagen und dem Kr 85-Isotop mit der Halbwertszeit von zehn Jahren unterschieden. Während das Xe 133-Isotop in einem gekühlten Adsorberbett so lange festgehalten wird, bis der größte Teil zerfallen ist, muß das Kr 85-Isotop in einem Tieftemperatur-Adsorber gespeichert werden.

Weil die Speicherfähigkeit dieser Tieftemperatur-Adsorber auf eine Betriebszeit von etwa einem Jahr begrenzt ist und somit ein Auswechseln unter radioaktiver Strahlung vorgesehen werden muß, wurde auf eine sehr feste und dichte Konstruktion großer Wert gelegt. Durch die Anwendung von sehr tiefen Temperaturen (Verzögerungsfilter für Xe 133 etwa -30°C ; Speicherfilter für Kr 85 etwa -180°C) läßt sich diese Forderung gut verwirklichen, da die Adsorptionsfähigkeit der Aktivkohlefilter bei diesen Temperaturen wesentlich verbessert wird.

Damit verbleibt bezüglich der Reinigungsaufgabe nur noch das Herausfiltern der restlichen inaktiven Verunreinigungen (Kohlenmonoxyd, Stickstoff, Wasserstoff und Luft). Dies geschieht ebenfalls durch Adsorption in den der Ent-

seuchungsanlage nachgeschalteten Tieftemperatur-Wechseladsorber. Wie die Bezeichnung schon andeutet, werden diese Adsorber im Wechsel be- und entladen, d. h. durch Erwärmung kann die Filtermasse eines abgeschalteten „beladenen“ Adsorbers regenerieren, und anschließend kann sie erhitzt in den Reinigungskreislauf geschaltet werden.

Die Teile der Gas-Vorreinigungsanlage sind in einem dem Hauptkühlgas-Kreislauf parallel angeordneten Nebenschluß zusammengeschaltet (Bild 4). Die Umlaufmenge in diesem Nebenschluß beträgt etwa ein halbes Promille der Hauptumlaufmenge. Fünf Prozent dieser Nebenschluß-Durchsatzmenge werden sodann nach der Vorreinigung zur Entseuchungsanlage abgezweigt. In der ersten Reinigungsanlage 4 werden die Xenon- und Krypton-Isotope aus dem Kühlgas herausgefiltert.

Das Sperrgas aus den Sperrspalt-I-Räumen weist gegenüber dem Kühlgas eine um den Faktor 10^{-6} geringere Aktivität auf. Da damit gerechnet werden muß, daß die Aktivitätskonzentration des Kühlgases in der ersten Reinigungsanlage 4 aus bestimmten Gründen nur um den Faktor 10^{-6} herabgesetzt werden kann, werden beide Teilströme (Kühlgas und Sperrgas I) zusammengefaßt und der zweiten Reinigungsanlage 5 zugeleitet. Entsprechend wird das Sperrgas aus den Sperrspalt-II-Räumen mit dem Ausgangsgas von 5 vermischt und der dritten Reinigungsanlage 6 zugeführt. Durch diese Schaltung wird die Radioaktivität stufenweise abgebaut; darüber hinaus ist bezüglich der Sicherheit des Austretens von radioaktivem Gas aus dem Reaktor in den Reingasbehälter 10 eine dreifache Sperre eingebaut.

Erst nachdem das Kühlgas von allen radioaktiven Verunreinigungen gesäubert ist, durchströmt es schließlich die Inaktiv-Reinigungsanlage 9. Dadurch ist der Zugang zu

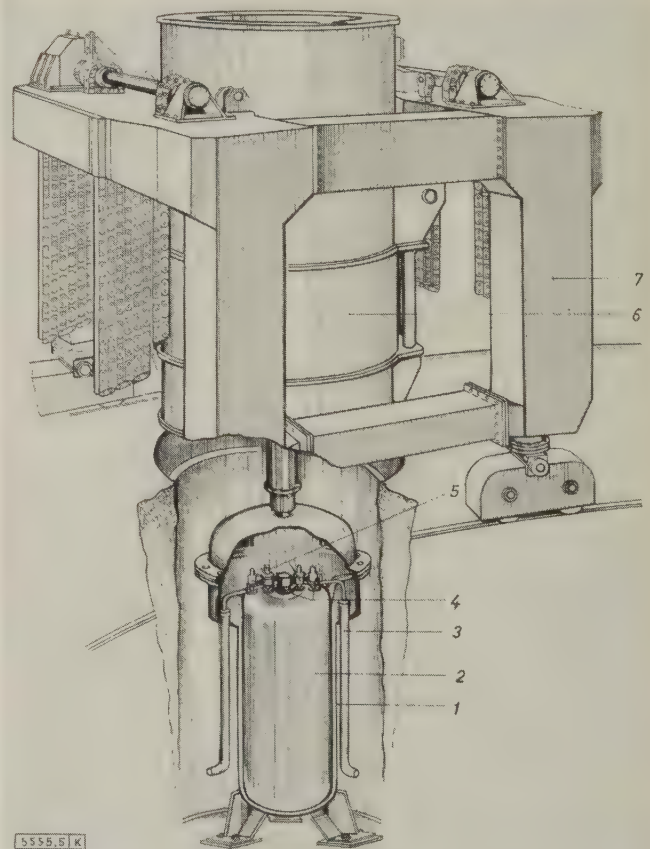
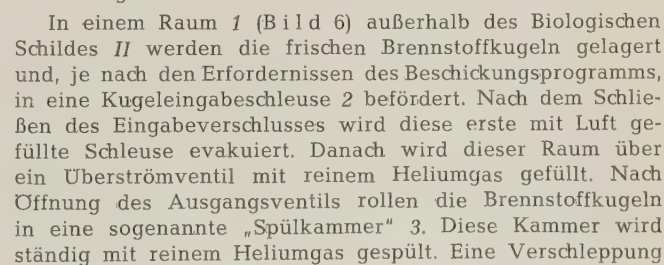


Bild 5. Montagewagen und Doppelbehälter.

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| 1 äußerer Behälter | 4 Dichtverschluss |
| 2 innerer Behälter | 5 Absperrventile |
| 3 Ein- und Ausgangsrohrleitungen | 6 Abschirmglocke |
| | 7 Montagewagen |



- 1 Lagerraum für frische Brennstoffelemente
- 2 Brennstoffkugel-Eingabeschleuse
- 3 Spülkammer
- 4, 5 Schleusenammern für Einlaß
- 6 Dosier-Einrichtung
- 7 Kugelweiche
- 8 Höhenförderer
- 9, 10, 11 Schleusenammern für Auslaß
- 12 Entnahmebehälter
- 13 Brennstoffkugel-Abzugsrohr
- 14 Verweniger
- 15 Reparaturschleusen
- 16 Vereinzelter
- 17a Bruchentnahmestelle
- 17b Bruchentnahme-Behälter
- 18 Meßeinrichtung
- 19 Lagerraum für gefüllte Entnahmebehälter
- 20 Brennstoffkugel-Förderrohre

Alle Bauteile der Anlage, die mit radioaktivem Gas in Berührung kommen oder kommen können, sind ähnlich wie der innere Behälter des eigentlichen Reaktors mit einem zweiten Behälter umgeben (Bild 5). Zwischen Behälter 2, in dem sich das Anlagenteil befindet, z. B. Kühler oder Filter, und Behälter 1 befindet sich, entsprechend dem Reaktor, Sperrgas II. In zwei Stockwerken sind je 14 Stück dieser Behälter montiert, und zwar so, daß im Bedarfsfall ein gemeinsames Montagegerät zwischen beide Stockwerke fahren und die inneren Behälter sowohl aus dem unteren als auch aus dem oberen Stockwerk aus- und einbauen kann.

radioaktiven Gases infolge von Ventilleckagen kann also nur bis zur Spülkammer, aber niemals in den Kugeleingaberaum gelangen.

Nach dem Spülvorgang durchlaufen die Brennstoffkugeln zwei weitere Schleusenkammern 4 und 5, in denen durch die Entseuchungsanlagen eine niedrige Aktivität von Sperrgas II bzw. Sperrgas I eingehalten wird. In der letzten Eingabeschleuse 5 wird der Druck in der Kammer an den im Reaktor herrschenden Druck angeglichen. Nach dem Öffnen des Ausgangsventils der letzten Eingabeschleuse rollen die Kugeln zu einer Dosier-Einrichtung 6, welche die Kugeln über eine Weiche 7 zeitlich dosiert an den Höhenförderer 8 weiterleitet.

Die Ventile sind gegeneinander so verriegelt, daß sie nur in einer bestimmten Reihenfolge und mit genügendem zeitlichen Abstand, um Überschneidungen zu vermeiden, öffnen und schließen.

Werden „abgebrannte“ Brennstoffkugeln durch die Weiche in das Kugelabzugsrohr geleitet, so rollen diese in die erste Auslaßschleuse 9. Da sie noch mit Reaktorkühlgas umgeben sind, wird in dieser Schleusenkammer das Gas auf Sperrspalt-I-Konzentration mit anschließender Drucksenkung auf 1 at entseucht.

In der zweiten Auslaßschleuse 10 wird sodann auf Sperrspalt-II-Konzentration entseucht. In einer dritten Schleusenkammer 11 wird mit Reingas gespült und der Raum anschließend evakuiert. Unter Vakuum rollen die Kugeln schließlich durch eine Dosiereinrichtung in den Entnahmebehälter 12, der, wenn er gefüllt ist, mit einem selbsttätigen Schweißgerät dicht verschlossen wird. Ein Transportband fördert die Entnahmebehälter sodann in einen Lageraum für verbrauchte Brennstoffelemente.

Brennstoffkugel-Umlauf

Der Brennstoffkugel-Umlauf im Reaktorkern hat zunächst den Nachteil einer unkontrollierten Brennstoffverteilung. Diese hat wiederum eine unbestimmte Leistungsverteilung zur Folge. Um diesen Nachteil zu vermeiden, ist es erforderlich, den Brennstoff in ganz bestimmter Weise zu verteilen. Im Hinblick auf die hohe Temperatur, die gerade an der Kugeleingabestelle im Reaktor herrscht (rd. 850 °C), wurde darauf verzichtet, einen besonderen Kugel-legeapparat in den inneren Reaktorbehälter einzubauen. Dieser Kugel-legeapparat würde letzten Endes wieder nur eine Art von Beschickungsmaschine sein können.

An Stelle dieser Apparatur wurden fünf unabhängig voneinander zu benutzende Beschickungsröhre eingebaut,

und zwar so, daß durch jedes der Rohre eine bestimmte Zone des Kreisquerschnittes des Reaktorkerns beschickt werden kann. Dadurch wird erreicht, daß man am Rande der Kugelschüttung den Spaltstoff anhäufen kann, wodurch die Leistung gleichmäßig über den Querschnitt verteilt wird. Durch eine kontinuierliche Umwälzung des Kugelhaufens während des Reaktorbetriebes ist eine schnelle Veränderung der Brennstoffverteilung möglich.

Wie das Schema der Beschickungsanlage zeigt (Bild 6), werden die im Kugelabzugsrohr 13 vorhandenen Brennstoffkugeln über einen sogenannten Verweniger 14 durch die schon erwähnten Reparaturschleusen 15 über einen Kugelvereinzelner 16 zu einer Bruchentnahmestelle 17a geleitet. In diesem Gerät werden Bruchstücke oder beschädigte Kugeln getrennt. Der „Schrott“ fällt in einen besonderen Behälter 17b. Die unbeschädigten Kugeln rollen durch ihr Eigengewicht zu einer Meßeinrichtung 18, in der sie auf ihre „innere“ Beschaffenheit untersucht werden (Messung der Kugelart und des Abbrandes).

Das Ergebnis der Messung beeinflusst die Stellung der Rohrweiche 7, die der Meßeinrichtung nachgeschaltet ist. So wird die einzelne Kugel entweder ausgeschleust oder dem Höhenförderer 8 zugeleitet, der die Brennstoffkugeln nach den Erfordernissen des Beschickungsprogramms auf die fünf Förderrohre 20 verteilt.

Zusammenfassung

Der von der AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor GmbH) im August 1959 an die Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp in Auftrag gegebene gasgekühlte Hochtemperatur-Reaktor ist eine Neuentwicklung. An Hand der physikalischen und technischen Voraussetzungen, die diesem Reaktortyp zugrunde liegen, werden die erforderlichen neuartigen Konstruktionsmerkmale dieses Typs, die von der Entwicklungsgruppe der Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp unter Leitung von R. Schulten ausgearbeitet wurden, zusammengestellt und im einzelnen besprochen.

Schrifttum

- [1] Schulten, R., v. d. Decken, C. B., Schmidt, H. W., u. Wundt, H.: Physik des BBC-Krupp-Hochtemperatur-Reaktors. Nukleonik Bd. 1 (1959) S. 277–286.
- [2] Schulten, R., Bellermaun, W., Braun, H., Schmidt, H. W., Setzwein, A., u. Stürmer, W.: Der Hochtemperatur-Reaktor von BBC-Krupp. Atomwirtsch. Bd. 4 (1959) S. 377–384.
- [3] Schulten, R., Jantsch, E., Wundt, H., Machnig, O., Setzwein, A., u. Stürmer, W.: Der gasgekühlte Hochtemperatur-Reaktor der Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp. BBC-Nachr. Bd. 41 (1959) S. 438–446.

Der Stellarator und andere amerikanische Projekte zum Erzeugen thermonuklearer Energie

DK 539.17

In der amerikanischen Zeitschrift Endeavour Bd. 14 (1960) H. 74, S. 62–71 behandelt M. B. Gottlieb in sehr verständlicher Weise die aktuellen Forschungsprojekte über die thermonukleare Fusion, besonders die amerikanischen Projekte über die Halterung und Aufheizung eines völlig ionisierten Plasmas, insbesondere den sogenannten Stellarator. Es handelt sich dabei um ein im Vordergrund des Interesses stehendes Problem der Forschung und Technik.

Zunächst werden die Maßnahmen besprochen, durch die man erreichen kann, daß die Energieausbeute durch Kernfusion in einem hoch erhitzten Plasma von Deuterium oder in einem Gemisch aus Deuterium und Tritium die Energieverluste übertrifft. Es handelt sich dabei um Verluste des Plasmas an den Wänden, und zwar um Strahlungsverluste, um die große Energiemenge, die in den das Magnetfeld erzeugenden Spulen verbraucht wird, und um Energieverluste bei der Umwandlung in elektrische Energie. Zwei Probleme treten dabei auf: die Zuführung der Energie und

die Vermeidung der Ausdehnung des Plasmas an die Gefäßwände. Energie kann durch Stromwärme (ohmsche Aufheizung) oder durch sogenanntes magnetisches Pumpen der Ionen direkt oder durch Einschub von schnellen D_2^+ - oder D^+ -Ionen zugeführt werden.

Die Einschließung eines Plasmas in einem Magnetfeld, die Wirkung von Zusammenstößen und die dabei auftretenden Instabilitäten werden ausführlich beschrieben. Danach werden Beispiele für Ausführungsformen gegeben, zunächst Anordnungen, die auf dem Pinch-Effekt, der Einschnürung einer Gasentladung durch das Magnetfeld ihres eigenen Stromes beruhen, und weiter der „magnetische Spiegel“, der darauf beruht, daß geladene Teilchen in einer Spule nur nach beiden Seiten laufen und durch Verengung der Spule an den Enden zur Rückkehr in die Mitte gezwungen werden. Ausführlich wird der Stellarator behandelt, der aus einem zu einer Acht verbogenen Torus besteht. Am Schluß werden Versuche mit dem Stellarator beschrieben.

HI

Der Export der deutschen elektrotechnischen Industrie und seine Entwicklung

Von Kurt Schröder, Frankfurt a. M.*)

DK 621.312(43) : 382.6

Die Entwicklung bis zum 2. Weltkrieg

Die Unternehmen der deutschen elektrotechnischen Industrie waren von Anfang an auf Export eingestellt, da ihre Kapazität die Nachfrage des inländischen Marktes überstieg.

Ein anderer Grund war die Abhängigkeit des Deutschen Reiches von der Einfuhr von Rohstoffen und Nahrungsmitteln, die nur mit Exporten bezahlt werden konnten. Schon um die Jahrhundertwende begann die deutsche elektrotechnische Industrie mit dem Bau von Anlagen im Ausland. Besonders zu erwähnen wäre die berühmte Telegraphenlinie von Großbritannien nach Indien, die noch bis zum zweiten Weltkrieg benutzt wurde.

ten von Amerika, Großbritanniens und der Niederlande vor und nach dem ersten Weltkrieg in Millionen Reichsmark und in Prozent vom Weltelektroexport dargestellt. Diese Zahlen zeigen deutlich die überragende Stellung der deutschen Elektroindustrie und den steilen Anstieg der Elektroindustrie der USA.

Schneller Wiederaufbau des Exportes nach dem 2. Weltkrieg

Durch den zweiten Weltkrieg wurden wiederum die Geschäftsbeziehungen unterbrochen, und es gelang der deutschen Elektroindustrie erst nach der Währungsreform im Jahre 1948, die ersten zaghaften Schritte auf dem Weltmarkt zu

Tafel 1. Ausfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse in Millionen Reichsmark und in Prozent vom Weltelektroexport vor dem 2. Weltkrieg.

Land	1913		1925		1929		1933		1936		1938	
	Mio. RM	%	Mio. RM	%	Mio. RM	%	Mio. RM	%	Mio. RM	%	Mio. RM	%
Deutsches Reich	330,6	46,3	366,5	25,8	638,6	27,8	248,9	29,9	266,2	26,6	354,0	27,6
USA	112,4	15,7	354,6	25,0	607,4	26,5	165,0	19,8	253,7	25,3	284,7	22,2
Großbritannien	157,4	22,1	356,5	25,1	402,1	17,5	135,4	16,3	197,8	19,8	266,7	21,6
Niederlande	12,0	1,7	53,7	3,8	211,4	9,2	91,4	11,0	75,2	7,5	97,4	7,6

Durch den ersten Weltkrieg wurden die Bemühungen um das Ausland unterbrochen und die Verbindungen zu den Niederlassungen und Vertretungen im Ausland abgeschnitten. Es gelang jedoch, schon Anfang der zwanziger Jahre wieder auf dem Weltmarkt Fuß zu fassen, trotz aller Schwierigkeiten, die sich innerhalb des Deutschen Reiches und auch in späteren Jahren im Ausland auftraten.

Bis zum Beginn des zweiten Weltkrieges gelang es der deutschen Elektroindustrie, die ehemals führende Stellung wiederzuerlangen.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang und in dem Zeitraum vor dem ersten Weltkrieg bis zum Beginn des zweiten Weltkrieges die Entwicklung des Außenhandels der vier größten Exportländer der Welt, so muß man feststellen, daß es trotz verschiedener Einbrüche Anfang der dreißiger Jahre der deutschen Elektroindustrie möglich war, ihre Stellung gegen die immer stärker werdende Konkurrenz, besonders aus den USA, zu halten. Diese Stellung gründete sich vor allen Dingen auf den guten Namen der deutschen elektrotechnischen Erzeugnisse im Ausland, der auch durch den ersten Weltkrieg und durch die verschiedenen Maßnahmen, die in einigen Ländern nach dem ersten Weltkrieg gegen deutsche Erzeugnisse verhängt wurden, nicht vernichtet werden konnte.

Darüber hinaus waren auch die intensive Marktbearbeitung und Berücksichtigung der Kundenwünsche nicht zu unterschätzende Faktoren. Unabhängig von der wertmäßigen Ausfuhr konnte die Elektroindustrie innerhalb des gesamten deutschen Außenhandels ihren Anteil laufend erhöhen. Wenn im Jahre 1913 der Elektroexport 3,3 % des Gesamtexportes des Deutschen Reiches ausmachte, so konnte der Anteil 1925 auf 3,9 %, 1929 auf 4,7 % und 1938 auf 6,4 % der gesamten Ausfuhr des Deutschen Reiches gesteigert werden.

In der Tafel 1 ist die Ausfuhr von elektrotechnischen Erzeugnissen des Deutschen Reiches, der Vereinigten Staa-

machen. Eine besonders intensive Bearbeitung jedes einzelnen Marktes — gestützt auf die früheren und durch den Krieg unterbrochenen Geschäftsbeziehungen — half unserer Industrie wieder Fuß zu fassen. Im Jahre 1950 begann dann der Aufstieg des deutschen Elektroexportes.

Tafel 2 zeigt die Entwicklung der deutschen Elektroausfuhr nach dem zweiten Weltkrieg in effektiven Zahlen und in Prozent an der Gesamtausfuhr der Bundesrepublik Deutschland. Hieraus ist die außerordentliche Anstrengung der deutschen Elektroindustrie für den Export klar ersichtlich.

Tafel 2. Export der deutschen elektrotechnischen Industrie in Mio. DM und in Prozent von der Gesamtausfuhr der Bundesrepublik nach dem 2. Weltkrieg.

Jahr	Mio. DM	%
1948*)	31	1,2
1950	323	3,9
1952	1 099	6,5
1955	2 136	8,3
1957	3 115	8,7
1959	3 872	9,4

*) Im Jahre 1948 nicht Bundesrepublik, sondern amerikanische und britische Besatzungszone.

Tafel 3 stellt die Entwicklung des Elektroexportes nach dem zweiten Weltkrieg dar unter Berücksichtigung der gleichen Länder, wie sie in Tafel 1 dargestellt wurde. Noch besser als auf Tafel 2 ist hier zu erkennen, daß in zehn Jahren die deutsche Elektroindustrie ihre Weltgeltung wieder erreichte.

Investitionsgüter

Der durch den Krieg und die Nachkriegszeit aufgestaute Bedarf mußte in allen Industrieländern gedeckt werden. Die deutsche Elektroindustrie hat dabei ihr Möglichstes getan. In dieser Zeit betrug der Anteil des Investitionsgüterexportes der Elektroindustrie fast drei Viertel des Gesamt-

*) K. Schröder ist Referent im Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie e. V., Frankfurt a. M.

Tafel 3. Die Ausfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse in Millionen DM und in Prozent am Weltelektroexport nach dem 2. Weltkrieg.

Land	1948		1950		1952		1955		1957		1959	
	Mio. DM	%	Mio. DM	%	Mio. DM	%	Mio. DM	%	Mio. DM	%	Mio. DM	%
USA	2250	40,9	1923	34,3	3246	33,2	3736	31,2	4587	30,9	4314	25,5
Bundesrep. Deutschland	31*)	0,7*)	323	5,8	1099	11,2	2136	18,0	3115	21,0	3872	22,9
Großbritannien	1790	32,5	1675	29,9	2839	29,0	2604	22,8	3062	20,6	3164	18,8
Niederlande	296	5,3	315	5,6	508	5,2	915	7,6	907	6,1	1285	7,6

*) Im Jahr 1948 nicht Bundesrepublik, sondern amerikanische und britische Besatzungszone.

volumens. Die Ursache war, daß nicht nur in Europa, sondern auch in Übersee neue Kraftwerke gebaut wurden, alte überholt und dementsprechend mit Ersatzteilen versorgt werden mußten. Daneben benötigten sehr viele Länder neue Nachrichtennetze, die alten Funk- und Fernspreverbindungen mußten dem Stand der Technik angepaßt werden. Das gleiche galt für den Ausbau medizinischer Einrichtungen. Auf allen diesen Gebieten war die deutsche Elektroindustrie in der Lage, schnell und gut zu liefern. Durch äußerst scharfe Kalkulationen konnten den Abnehmern auch ansprechende Preise geboten werden.

So wurden Großkraftwerke in Südamerika, in Afrika, im Orient und in Europa von der deutschen Industrie gebaut. Dazu kamen die Verteilungsanlagen der Energie bis zum Verbraucher. Aber auch die Nachrichtennetze wurden von der deutschen Elektroindustrie, sogar im Urwald und in der Steppe, angelegt. Einen breiten Raum nahmen die Zulieferungen für andere Industriegruppen ein, wie z. B. Motoren, Schaltanlagen usw.

Konsumgüter

Nachdem der erste große Ansturm vorüber war, konnte auch infolge des sich immer mehr ausbreitenden Welt Handels der Export von Konsumgütern gesteigert werden. Hier waren es vor allem die europäischen Industriestaaten, die im Rahmen der Europäischen Zahlungs-Union (EZU) ihre Einfuhr liberalisierten. Durch die Liberalisierung und durch die enge Verflechtung der europäischen Staaten stieg der Exportanteil der Konsumgüter am Gesamtwert der Elektroindustrie steil an. Auch Konsumgüterlieferungen nach Übersee erreichten ein beachtliches Ausmaß.

Der Anteil der Konsumgüter betrug 1959 etwa 37 %, die größten Gruppen waren Rundfunk und Fernsehen, Phontechnik, Kühlschränke und Waschmaschinen.

Der Devisenmangel der Rohstoffländer bzw. der Länder mit Monokulturen schränkte zwar den Export von Konsumgütern in den letzten Jahren nach diesen Ländern erheblich ein. Trotzdem gelang es unseren Exporteuren für viele Erzeugnisse, unter teilweise erheblichen Schwierigkeiten, den deutschen Anteil an der Einfuhr dieser Länder zu halten.

Entwicklungshilfe

Als in der letzten Zeit immer mehr asiatische und afrikanische Länder selbständig wurden, trat an die Industrieländer die Aufgabe der Entwicklungshilfe heran. Es war nicht mehr möglich, nur durch die internationalen Organisationen den Wünschen der Entwicklungsländer gerecht zu werden. In bilateralen Verhandlungen von Land zu Land wurden sehr oft Wünsche geäußert, die in vieler Hinsicht einer ruhigen und normalen Industrieentwicklung nach Ansicht weiter Kreise nicht entsprachen. Trotzdem hat sich die Bundesrepublik Deutschland an der Durchführung verschiedener Großobjekte beteiligt oder diese durch Bürgschaften und Kreditgewährungen unterstützt.

Aufbau des Nachrichtenwesens

Mit dem Aufbau der Industrien mußten natürlich auch die Nachrichtennetze ausgebaut werden. Hier ergab sich ein

weites Feld für die deutsche Elektroindustrie, auf dem sie große Aufgaben erledigte und in Zukunft noch erfüllen wird.

Aufbau von Fabrikationsstätten

Im Rahmen der Industrialisierung wollen die Entwicklungsländer auch eine eigene Elektroindustrie aufbauen. Aus den vielen Wünschen, die zum Beispiel aus Indien, Pakistan, aus den Ländern der Vereinigten Arabischen Republik, aus Argentinien, Brasilien, Chile usw. zur Zusammenarbeit oder zur Übernahme von deutschen Lizenzen und Patenten an unsere Industrie herangetragen werden, ist ersichtlich, daß auch der Name unserer Industrie auf diesem Gebiet einen guten Klang hat. Leider ist es vielfach nicht möglich, den Wünschen nachzukommen, da z. B. zur Herstellung hochwertiger elektrotechnischer Erzeugnisse Facharbeiter, Ingenieure und Konstrukteure in den Entwicklungsländern noch nicht vorhanden und zum Bau komplizierter Anlagen lange Erfahrungen notwendig sind. Es wurde daher von der Industrie wie von der Regierung den Entwicklungsländern empfohlen, erst mit einfachen Erzeugnissen zu beginnen. Trotz dieser Schwierigkeiten wurden mit Unterstützung der deutschen Industrie in den verschiedensten Ländern Fabrikationsstätten zum Herstellen elektrotechnischer Erzeugnisse inzwischen erstellt.

Nachwuchsschulung

Im Rahmen der Entwicklungshilfe sind von der Bundesregierung den verschiedenen Ländern Lehrwerkstätten und Ingenieurschulen zur Verfügung gestellt worden. Diese Institute wurden von der Elektroindustrie mit Lehrmitteln und Ausbildungsgeräten ausgestattet. Diese dem letzten Stand der Technik entsprechenden Erzeugnisse helfen den Schülern, ihr Wissen zu erweitern und werben gleichzeitig für die deutsche elektrotechnische Industrie.

Über die im Ausland durchgeführte Ausbildung hinaus werden in den Werken der Elektroindustrie laufend Praktikanten und Ingenieure aus den Entwicklungsländern ausgebildet, die dann später in ihrer Heimat die Leitung der neuen Firmen übernehmen können.

Rückwirkung auf die eigene Industrie

Mit der Industrialisierung wird auch der Lebensstandard in den Entwicklungsländern gehoben und somit zusätzliche Kaufkraft geschaffen, die dann wieder dem deutschen Export zugute kommen kann.

Die deutsche Elektroindustrie befürchtet nicht, daß durch ihre Hilfe eine zusätzliche Konkurrenz entstehen wird, im Gegenteil, sie ist der Meinung, daß eine große Konkurrenz die eigene Industrie zu höchsten technischen und kaufmännischen Leistungen anspornt.

Zusammenfassung

Die deutsche Elektroindustrie exportierte schon um die Jahrhundertwende. Der erste Weltkrieg unterbrach die Entwicklung. Zwischen den beiden Weltkriegen wurden die Verbindungen wieder angeknüpft und die alte Weltgeltung wieder erreicht. Nach dem zweiten Weltkrieg mußte nochmals von vorn angefangen werden. Die Aufgabe der Gegenwart ist die Entwicklungshilfe für unterentwickelte Länder.

KURZ BERICHTET

Eine Fortsetzung der wirtschaftlichen Expansion in Europa erwartet das Institut für Weltwirtschaft in Hamburg für das Jahr 1961. Für Nordamerika wird mit der Überwindung der Rezession gerechnet. Die Produktion von Gütern und Dienstleistungen hat in der westlichen Welt weiter zugenommen. In Europa und Japan setzte sich bei verlangsamtem Produktionswachstum der Aufschwung von Produktion und Beschäftigung auch im Jahre 1960 kräftig fort. Hauptantriebskraft der Expansion in Europa und Japan war die starke Zunahme der Anlageinvestitionen der gewerblichen Wirtschaft. r

Die Konjunktur in der Bundesrepublik läßt nach zwei Jahren anhaltenden Aufschwungs um die Jahreswende 1960/61 kaum Anzeichen einer Ermüdung erkennen, wie das Bundeswirtschaftsministerium feststellt. Allerdings mache sich seit einiger Zeit in der Entwicklung des Auftrags-eingangs bei der Industrie eine etwas ruhigere Tendenz bemerkbar, die in einigen Bereichen zu einer gewissen Auflockerung der Marktspannungen geführt habe. Nach Ansicht des Bundeswirtschaftsministeriums sei dies zum Teil auf die Einflüsse eines entspannten Weltmarktes, insbesondere auf die Ausstrahlungen der Konjunkturschwäche in den USA und Kanada zurückzuführen. r

Einen neuen 150-MW-Block will die Hüttenwerk Oberhausen AG (HOAG) bestellen. Bis Ende 1961 soll durch Inbetriebnahme einer 21-MW-Kondensationsmaschine im Kraftwerk der Zeche Osterfeld die Kraftwerkskapazität auf 190 MW erhöht werden. Außerdem ist vorgesehen, auf der Zeche Haniel eine weitere Einheit von 150 MW aufzustellen. r

Die Arbeitsleistung beim Reinigen glasierter Porzellanisolatoren von Zementstaub kann durch Anwendung organischer Schleifmittel (Walnußschalen) im Schleuderputzverfahren gegenüber der bisherigen Handarbeit auf das dreifache gesteigert werden. Die Isolatoren durchlaufen auf einem 6-Stationen-Karussell zunächst drei Stationen, in denen sie nacheinander von oben, von der Seite und von unten gesäubert werden. Anschließend werden sie mit Luft abgeblasen. r

Die im Bau befindliche Seilbahn zur Zugspitze, die von der Station „Eibsee“ der bestehenden Zahnradbahn direkt zum „Münchener Haus“ auf den Gipfel führt, wird auf der gesamten Seilstreckenlänge von 4800 m nur zwei Stützen haben, wobei die freie Seillänge 3300 m beträgt. Bei einer Geschwindigkeit von 10 m/s wird die Seilbahn in den 44 Personen fassenden Kabinen stündlich 360 Fahrgäste befördern können. Die Fahrzeit wird 9 Minuten betragen. Als Antrieb dient ein bei der AEG in Auftrag gegebener Ward-Leonhard-Motor von 275 kW Leistung mit transduktorischer Spannungs- und Drehzahlregelung. r

Einen Anschlußwert von 720 kW wird die neue von Philips errichtete Flutlichtanlage im Hamburger Volksparkstadion haben. Die 40 m langen Stahlmaste stehen schräg auf der Dammkrone des Stadions, so daß die Scheinwerferbühnen sich etwa 54 m über dem Spielfeld befinden und somit eine Blendung für Spieler und Zuschauer vermieden wird. Die Beleuchtungsstärke beträgt 450 lx. r

Elektrolytische Glanzvergoldung erreicht man mit einem neuen Goldbad. Innerhalb 10 Minuten erhält man bei einer Stromdichte von 0,8 A/dm² glänzende Goldschichten von 3 bis 5 µm Dicke. Außer in der Schmuckindustrie wird die Glanzvergoldung in der Elektroindustrie zur Herstellung von Röhrenteilen und gedruckten Schaltungen verwandt. e

Einen Oxydationsschutz für eine neue Molybdänlegierung, die bei einem Dauerversuch von 100 h bei 1200 °C eine Bruchfestigkeit von 24,5 kp/mm² erreichte und somit für Gasturbinenschaufeln gut geeignet ist, hat man dadurch geschaffen, daß man auf der Molybdänlegierung eine poröse Molybdänschicht aufsinterte, deren Kapillaren mit einer bei den hohen Temperaturen flüssigen Goldlegierung mit 2,5 % Si getränkt wurden. Auf dem Molybdän bildet sich dann ein Schutzschichtensystem aus MoSi₂ und AuSi, das zwischen 980 °C und 1370 °C hervorragend beständig ist. e

Norwegen beabsichtigt die Errichtung eines Zentrums für Weltraumforschung. KH

Vidicon-Bildwandlerröhren, die sowohl für sichtbares Licht als auch für Infrarot empfindlich sind, werden von der britischen Firma EMI hergestellt. KH

In England wurde ein elektrischer Feueranzünder entwickelt, der mit Heißluft in wenigen Minuten Kohlen und Koks entzündet. Nach Betätigung eines Schalters strömt heiße Luft von 800 °C auf die Kohle oder den Koks. Hat der Brennstoff gezündet, so wird auf Kaltluft umgeschaltet. Sofort entsteht eine kräftige Flamme, während sich der Feueranzünder abkühlt und gefahrlos entfernt werden kann. r

Deutsche und niederländische Firmen prüfen gegenwärtig, ob Ghana ein automatisches Fernmeldewesen unterhalten könne, gab der ghanesische Postminister Krobo Edusei bekannt. Die Regierung von Ghana wolle ein das ganze Land umfassendes Fernmeldewesen aufbauen. Der Siemens-Konzern habe eine Teil der Untersuchungen übernommen. o

Eine „Schlitzantenne“ mit einer Resonanzfrequenz von etwa 5 kHz sollen die Shetland-Inseln zusammen mit dem umgebenden Meer bilden. Gegenwärtig werden Versuche angestellt, diese Auffassung experimentell zu prüfen. KH

Die geplante Fusion zwischen den beiden englischen Elektrokonzernen GEC und English Electric findet nicht statt. Beide Gesellschaften teilten mit, daß die Vorstände nicht in der Lage waren, ihre Diskussion über eine Fusion der beiden Gruppen mit einer Holding-Gesellschaft zu einem erfolgreichen Abschluß zu bringen. r

Der Kupferverbrauch Europas beträgt annähernd 2 Mio. t jährlich; das ist mehr als die Hälfte des Weltverbrauchs. e

230 000 kW leistet eine Radial-Axial-Turbine, die in Rußland für das Wasserkraftwerk Bransk (Sibirien) gebaut wurde. Dies ist mehr als die doppelte Leistung der bisher größten Wasserturbine im Kraftwerk Grand Coulee (USA). Rgs

Der Vertrag über die lateinamerikanische Freihandelszone zwischen Argentinien, Brasilien, Chile, Mexiko, Paraguay, Peru und Uruguay konnte nicht, wie ursprünglich vorgesehen, schon am 1.1.1961, sondern wird erst am 1. Juli 1961 in Kraft treten, da die vorbereitenden Verhandlungen nicht fristgemäß abgeschlossen werden konnten. r

Etwa 50 t hochreines Silizium (10¹² bis 10¹⁴ Störstellen je Kubikzentimeter) für Halbleiterdioden und Transistoren wurden 1960 in den USA erzeugt. e

Ein „Röntgenbild“ der Sonne wurde mit einer Lochkamera des Naval Research Laboratory (Washington) gemacht, die von einer Rakete bis in eine Höhe von 200 km getragen wurde. Das photographische Röntgenbild macht die Ausstrahlung der Sonne im Frequenzbereich der Röntgenstrahlen sichtbar. Die Aufnahme zeigt, daß Röntgenstrahlung außer von der Sonnenkorona insbesondere auch von Sonnenflecken und Fackelgebieten emittiert wird. KH

Eine neue Schalt-Diode hat eine Schaltzeit von weniger als 2 ns. KH

Farbfernsehsendungen übertragen täglich drei der sieben Fernsender New Yorks. 21 verschiedene Farbfernseh-Empfangsgeräte bietet allein die RCA z. Z. an. Der Preis liegt zwischen 495 und 975 \$. Die Geräte enthalten nur noch 8 Röhren mehr als Schwarz-Weiß-Empfänger. Im Preis eingeschlossen ist die Aufstellung der Geräte, 90 Tage Service und ein Jahr Garantie auf Röhren und Einzelteile. r

Ein einfaches Gerät zum Verschlüsseln von Telefongesprächen hat eine amerikanische Fabrik entwickelt. Es enthält 10 Transistoren und wird einfach auf den Handapparat des Fernsprengerätes gesteckt. Wenn man hineinspricht, werden die Wörter zu einem unverständlichen Gschnatter zerhackt. Nur der Gesprächspartner, der das Gegenstück zu dem Gerät auf seinem Fernsprechapparat hat, kann die Worte verstehen. r

Eine neue amerikanische elektrische Armbanduhr enthält eine mit 360 Hz schwingende Stimmgabel an Stelle der bisher in Uhren verwendeten Unruh- und Spiralfeder. Die Stimmgabel wird von einem Transistor-Schwingkreis erregt. Die Magnetspule hat 5000 Windungen eines Drahtes von 0,015 mm Dmr., er ist nur 1/3 so dick wie ein menschliches Haar. Die Bewegungen der Stimmgabel dienen zum Antreiben des Räderwerkes. Gespeist wird die Uhr von einer winzigen 1,3-V-Quecksilber-Knopfzelle, die etwa 8 mm Dmr. hat und genügend Energie für 12 Monate Betrieb der Uhr liefert. r

RUNDSCHAU

DK 621.311.25

Magnetohydrodynamische Gleichstromerzeugung. (Magnetohydrodynamic generation of d.c. electrical power.) Nach Sutton, G. W.: Direct Curr. Bd. 5 (1960) H. 1, S. 25–28; 5 B., 1 Taf., 5 Qu.

Schickt man ein heißes, teilweise ionisiertes Gas 1 durch ein Magnetfeld (Bild 1), so werden die positiven und negativen Ladungsträger nach entgegengesetzten Seiten abgelenkt, während die neutralen Teilchen ohne Richtungsänderung weiterfliegen. Mit zwei Elektroden 4 und 8 kann man die positiven und negativen Teilchen sammeln und einem Verbraucher als Gleichstrom zuführen. Dieses einfache Prinzip, ähnlich der altbekannten Unipolarinduktion, ist in der letzten Zeit einige Male verwirklicht worden. R. Rosa [1] benutzte ein Argon-Plasma und konnte 12 kW mit einer Leistungsdichte von 27 W/cm³ erzeugen. F. Foshag, A. Were und McGinn [2, 3] erhielten mit einem Plasma, das den Verbrennungsprodukten von Kohle und Luft ähnlich war, 910 W mit einer Leistungsdichte von sogar 36 W/cm³. Beide Versuche erstreckten sich aber nur über wenige Sekunden, weil man sehr hohe Temperaturen benötigt.

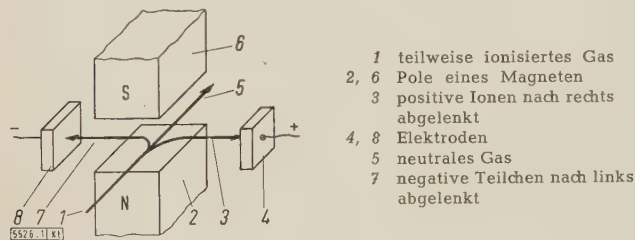


Bild 1. Grundgedanken der magnetohydrodynamischen Stromerzeugung.

Die niedrigste Ionisationsenergie eines Elementes hat Zäsium mit 3,87 eV. Sollen nur ein Prozent aller Moleküle eine thermische Bewegungsenergie von mehr als 3,87 eV haben, so muß das Gas bereits 7100 °K haben. Man hat deshalb elektrische Lichtbögen als Quelle für die ionisierten Gase verwendet. In der Praxis aber muß man später die Verbrennungsgase von Kohle oder Erdöl benutzen. Um die Temperatur so hoch wie möglich zu treiben, verwendet man stark vorgewärmte Verbrennungsluft. Die optimalen Verhältnisse erhofft man z. Z. bei 3000 bis 3600 °K, wo Leitfähigkeit und Carnotwirkungsgrad schon annähernd befriedigen, andererseits aber hochfeuerfeste Keramik, Zirkonoxyd und Magnorit noch einigermaßen ausreichende mechanische Eigenschaften haben.

Bild 2 zeigt stark vereinfacht den Plan einer Anlage, wie sie in einigen Jahren verwirklicht werden könnte.

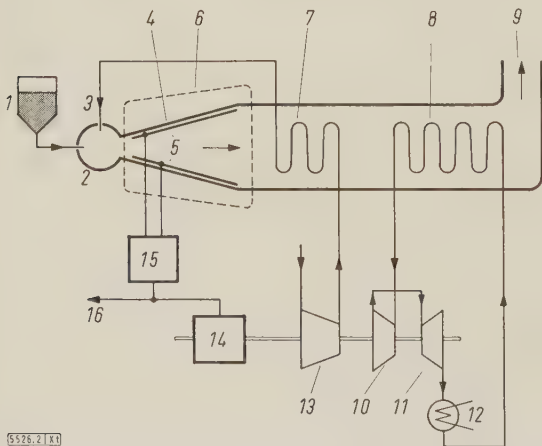


Bild 2. Stark vereinfachte Darstellung der Kohlenfeuerung mit magnetohydrodynamischer Stromerzeugung und Dampferzeugung.

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 Kohlenstaub | 8 Dampferzeuger |
| 2 Brennkammer | 9 Abgas zum Schornstein |
| 3 hocherhitzte Verbrennungsluft | 10, 11 mehrstufige Turbine |
| 4 Düse | 12 Kondensator |
| 5 Elektroden | 13 Luftkompressor |
| 6 Magnetfeld senkrecht zur Zeichenebene | 14 Drehstromgenerator |
| 7 Luftherhitzer | 15 Wechselrichter |
| | 16 abgehende elektrische Energie |

Kohlenstaub 1 wird mit stark vorgewärmter Druckluft von 2000 °C 3 und 10 at in einer Verbrennungskammer 2 verbrannt. Die dabei entstehenden Verbrennungsgase von fast 3000 °C expandieren in einer Düse 4, dem eigentlichen magnetohydrodynamischen Stromerzeuger. Die Elektroden 5 sind der hohen Temperatur besonders stark ausgesetzt. Die übrigen Wände kann man nämlich durch Magnetfelder vor der Berührung mit dem heißen Gas wenigstens teilweise schützen; die Elektroden dagegen müssen unbedingt von den heißen Ionen getroffen werden, damit sie ihre Ladung abgeben können. Das Magnetfeld 6 ist senkrecht zur Zeichenebene gerichtet.

Der magnetohydrodynamische Stromerzeuger kann nur oberhalb einer Grenztemperatur arbeiten, weil darunter die Leitfähigkeit des Gases zu niedrig ist. In Bild 2 soll das Gas aus der Düse 4 mit etwa 2300 °C austreten. Die restliche Energie wird zur Luftvorwärmung 7 und zum Erzeugen von hochgespanntem Dampf (565 °C, 150 at) ausgenutzt 8.

Die Einrichtung soll 365 MW liefern, und zwar in Form von Gleichstrom, der in einem Wechselrichter 15 in Drehstrom umgesetzt werden soll. Nach Abzug der Kompressionsarbeit soll die Turbine 10, 11 noch etwa 97 MW erzeugen. Man rechnet mit 1,56 kcal/kWh, was einem Wirkungsgrad von 55 % entspricht und mit einem Investitionsaufwand von 94 \$/kW, einem Betrag, der nur wenig höher ist als bei normalen Dampfkraftwerken.

Die vorgeschlagene Anlage ist noch weit von technischer Reife entfernt; sicher werden noch viele Jahre vergehen, ehe man an den Bau auch nur von Versuchsanlagen denken kann. Man darf aber damit rechnen, daß wegen ihrer hohen Energiedichte kurzlebige Anlagen für Satelliten usw. in absehbarer Zeit gebaut werden.

Eu

Schrifttum

- [1] Rosa, R.: Magnetohydrodynamic generators; presented at the Symposium on the Engineering Aspects of Magnetohydrodynamics, AIEE, University of Pennsylvania. 18.–19. Februar 1960.
- [2] Foshag, F., and Were, A.: Magnetohydrodynamic experiment, General Electric Comp. Rep. TIS R 59 SD 447 (1959).
- [3] Were, A. E., McGinn, J. H., u. Sutton, G. W.: Exploratory studies for steady, d.c. magnetohydrodynamic electrical power generators; presented at the Symposium on the Engineering Aspects of Magnetohydrodynamics, AIEE, University of Pennsylvania 18.–19. Februar 1960.

DK 536.21.08

Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von festen Stoffen. Nach Schröder, J.: Philips' techn. Rdsch. Bd. 21 (1959/60) S. 364–368; 3 B., 2 Qu.

Die spezifische Wärmeleitfähigkeit ist bisher nur für wenige feste Stoffe ermittelt worden. Darüber hinaus streuen die Angaben für den gleichen Stoff um mehr als 50 %. Wissenschaft und Technik interessieren sich in steigendem Maße für die Wärmeleitfähigkeit, so daß die Forderung nach zuverlässigen und reproduzierbaren Messungen besteht. Das beschriebene Verfahren erfüllt diese Forderung und hat auch den Vorteil, daß mit Hilfe einer einfachen Apparatur schnelle Messungen bei Zimmertemperatur möglich sind. Die erforderlichen Probekörper sind leicht herzustellen und haben kleine Abmessungen: Es werden zylindrische Körper von 16 bis 18 mm Dmr. mit einer Länge von 0,5 bis 30 mm verwendet. Die Länge ist von der spezifischen Leitfähigkeit des Stoffes abhängig. Bei reinen Metallen, die eine große Leitfähigkeit haben, können die Proben auch als Hohlzylinder ausgeführt werden, deren Länge 10 bis 30 mm und deren Wanddicke etwa 1,5 mm betragen. Etwas größer ist der Aufwand bei λ -Messungen zwischen –200 und +400 °C.

Das Verfahren beruht darauf, daß an den beiden Enden der Probe durch zwei verschiedene, siedende Flüssigkeiten unterschiedliche Temperaturen erzeugt werden. Gemessen wird die Zeit, in der eine bestimmte Wärmemenge durch den Probekörper geht. Als Maß für die Wärmemenge dient die am „kalten“ Ende der Probe zum Verdampfen gebrachte Flüssigkeitsmenge. Die Genauigkeit des Verfahrens ist überraschend groß: Die Werte des Wärmewiderstandes wurden mit einem Fehler von höchstens $\pm 3\%$ bestimmt. Die Messung kann weiter vereinfacht werden, indem mit geeichten Probekörpern eine vergleichende Messung durchgeführt wird. Einschließlich der Vorbereitung dauert eine Messung 5 bis 15 min. Abschließend werden Einzelheiten über die Ausführung des Meßgerätes mitgeteilt.

Thr

AUS DER INDUSTRIE

Montage mit Bolzensetzgerät

DK 621.882.6

Die modernen Bolzensetzgeräte der *Hilti-Montage-Technik-Gesellschaft mbH*, München, eignen sich bei der Installation elektrischer Leitungen und Maschinen zum Einschlagen von Bolzen, Innengewindebolzen und Nägeln, an die man Schellen, Montageschienen, Armaturen usw. befestigen kann. Neben den Standardgeräten wurde auch ein Gerät entwickelt, das mit besonderen Bodenplatten ausgerüstet und besonders gut für den Elektromonteur geeignet ist. Beim Verlegen von Unterputz-Stegleitungen in Mauerschlitz und Profilen hat es sich besonders bewährt. Das Bolzensetzgerät hinterläßt keine Schäden im Mauerwerk.

Für Verankerungen in Beton und bei Arbeiten über Kopf, die besonders anstrengend sind, wurde das neue Gerät Hilti-DX 100 (Bild 1) entwickelt.

Mit einem Hammerschlag wird eine im Setzgerät untergebrachte Kartusche entzündet, deren Pulvergase den Bolzen oder Nagel in das Mauerwerk treibt, wobei Druckkräfte bis 1000 kp erreicht werden können. Dieses Bolzensetzgerät ist kein Schußgerät üblicher Bauart, denn ihm fehlt der charakteristische, durch den Lauf fliegende Bolzen. In ihm dürfen nur die auf das Gerät in Konstruktion und Werkstoff genau abgestimmten Hilti-Bolzen und -Nägel und Spezialkartuschen benutzt werden.

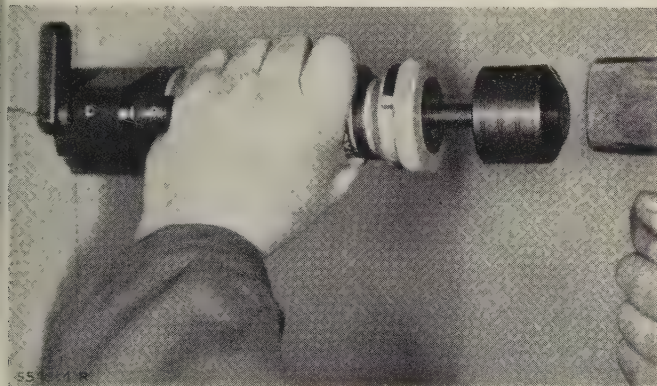


Bild 1. Bolzensetzgerät Hilti-DX 100.

Bei der Verwendung dieses Bolzensetzgerätes wird der Arbeitsaufwand stark gesenkt und wesentliche Kosten werden erspart. Das Gerät ist denkbar einfach zu benutzen und zu reinigen. Rgs

Neuer Druckbügel-Regler

DK 621.317.7.084.875

Das Prinzip des Druckbügelreglers, bei dem der Zeiger eines Meßwerks in bestimmten Zeitabständen niedergedrückt wird und dabei Schaltvorgänge auslöst, wurde bei einem neuen Gerät dieser Art von *Siemens & Halske* so vervollkommen, daß der Regler in jeder Lage eingebaut und eine wesentlich größere Zahl von Schaltungen verwirklicht werden kann. Erreicht wurde das im wesentlichen durch die Verwendung von Mikroschaltern an Stelle der Quecksilberschalter und durch eine Schaltplatine am Druckbügel, deren Öffnungen der verlangten Schaltung angepaßt werden können. Zur vielseitigen Verwendbarkeit trägt ferner bei, daß die Tastbleche am Zeiger verschiedenartig gestaltet werden können. Weiterhin kann ein Impulskontakt eingebaut werden, der den Stromkreis für einen bestimmten, in weiten Grenzen einstellbaren Zeitraum der Abtastperiode geschlossen hält.

Bild 2 läßt das Zusammenwirken der Einzelteile und insbesondere erkennen, wie die Schaltplatine am rückwärtigen Ende des Druckbügels die Ein- oder Ausschaltphasen der Mikroschalter betätigt. Dargestellt ist hier der Regler mit nur einem Tastblech, es können jedoch auch zwei solcher Tastbleche eingebaut werden, die bis auf 1 mm aneinander verschoben werden können. An Meßwerken stehen zur Verfügung ein Drehspul-Kernmeßwerk mit Spannbändern und ein Kreuzspul-Meßwerk in Spitzenlagerung, dessen Hilfsstrom von einem Gleichrichter im Regler geliefert wird. Der allgemeinen Entwicklung im Bau von Meßinstrumenten und Reglern folgend, die eine Verkleinerung anstrebt, hat der Frontrahmen die Größe 144 mm × 72 mm, während die Tiefe 247 mm beträgt (Bild 3). Im Frontrahmen sind die mit einem Schlüssel zu betätigenden Drehknöpfe für die Sollwertsteller, der Einstell-

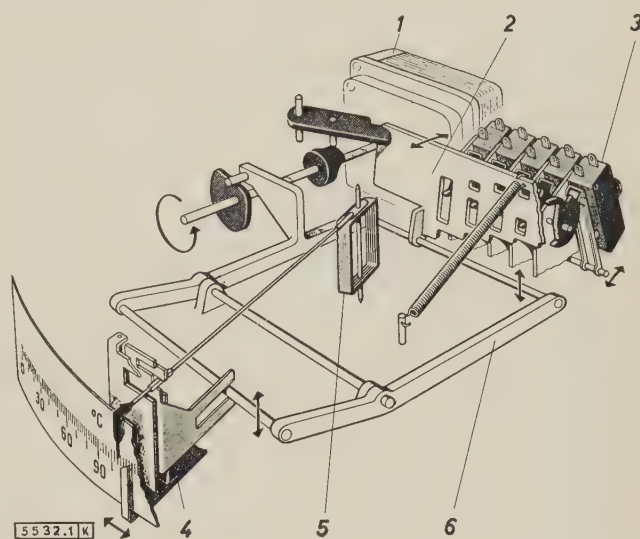


Bild 2. Schema des neuen NTZ-Reglers.

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| 1 Antriebsmotor | 4 Druckbügel |
| 2 Schaltplatine | 5 Meßwerk |
| 3 Mikro-Umschalter | 6 Sollwertsteller mit Tastblech |

kontakt für den Nullpunkt sowie der Stellknopf für die Zeit des Impulskontaktes angebracht. Diese Einstellzeit wird neben der Skala angezeigt. Sämtliche Leitungen im Regler sind an einer Klemmleiste auf der Rückseite zusammengeführt, so daß alle Schaltverbindungen ohne Öffnen des Gehäuses herstellbar sind.

In das Gehäuse können noch in Anbetracht eines wichtigen Anwendungsgebietes, nämlich der Regelung von Ofen, eine Wechselstrom-Brückenschaltung eingebaut werden, die beim Bruch eines Thermoelementes den Zeiger voll ausschlagen läßt, sowie eine Kompensationsschaltung, die Temperaturschwankungen am kalten Ende des Thermoelementes ausgleicht. In einem Zusatzgehäuse kann endlich noch eine thermische Rückführung untergebracht werden. Das Anwendungsgebiet dieses Reglers erstreckt sich von der einfachen Ein-Aus-Schaltung bis zu vielstufigen Schaltungen mit zahlreichen Zwischenstufen und Umschaltungen. J

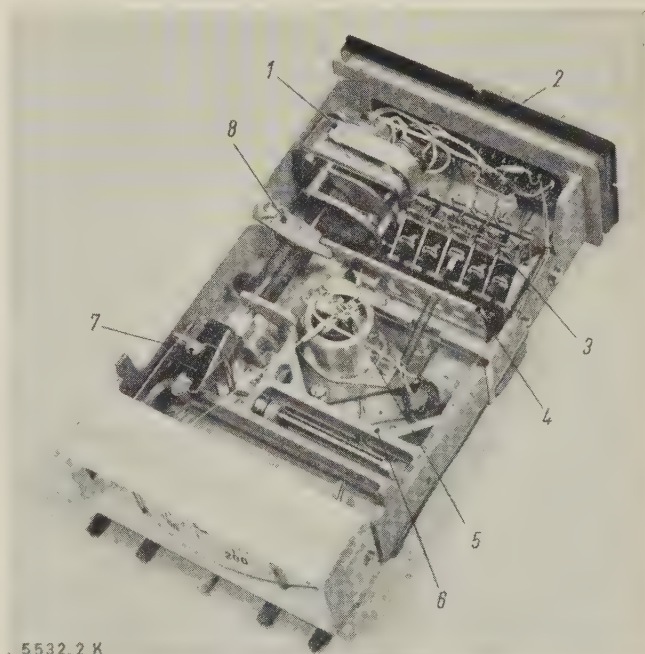


Bild 3. NTZ-Regler, ohne Kappe.

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1 Antriebsmotor | 5 Meßwerk |
| 2 Klemmleiste | 6 Druckbügel |
| 3 Mikroschalter | 7 Impulsschalter |
| 4 Schaltplatine | 8 Schalthebel |

VERBANDSNACHRICHTEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21

Fernruf: 60 341; Fernschreiber (Telex): 04-12 871;

Telegramm-Kurzanschrift: Elektrobund;

Postscheckkonto: Frankfurt a. M. 388 68.

Inkraftsetzung von VDE 0170 c/2. 61 „Vorschriften für schlagwettergeschützte elektrische Betriebsmittel“ und VDE 0171 c/2. 61 „Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel“

Gegen den in ETZ-B Bd. 10 (1958) S. 60 angekündigten Entwurf 1 von VDE 0170 c/...58 und VDE 0171 c/...58 sind seinerzeit zahlreiche Einsprüche eingegangen. Nach der Einspruchsberatung stellte es sich heraus, daß die Notwendigkeit bestand, einen Entwurf 2 herauszugeben, der in ETZ-B Bd. 11 (1959) S. 321 unter der Bezeichnung VDE 0170 c/...59 und VDE 0171 c/...59 angekündigt wurde. Die Einsprüche wurden von der VDE-Kommission „Schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel“ unter Vorsitz von Dipl.-Ing. Altena ordnungsgemäß behandelt. Der Entwurf wurde entsprechend geändert, wobei außerdem verschiedene Stellen der noch nicht neu bearbeiteten Paragraphen von VDE 0170 und VDE 0171 anderen inzwischen in Kraft getretenen VDE-Bestimmungen angepaßt wurden.

Die Inkraftsetzung der Neubearbeitung von § 34 „Erwärmungszeit t_E von Wicklungen“ und einzelnen Abschnitten von § 35 muß mit Rücksicht auf die noch nicht abgeschlossenen Arbeiten auf internationalem Gebiet, mit denen eine Abstimmung herbeigeführt werden soll, bis zum Abschluß der Überarbeitung der Gesamtfassung von VDE 0170 und VDE 0171 zurückgestellt werden.

Die so entstandene Fassung hat der Vorstand des VDE im Januar 1961 genehmigt und zum 1. Februar 1961 in Kraft gesetzt.

Einzeldrucke von VDE 0170 c/2. 61 und VDE 0171 c/2. 61 können vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 1,80 DM für VDE 0170 c/2. 61 und VDE 0171 c/2. 61 bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär
Lauster

Berichtigung der Inkraftsetzung VDE 0720 Teil 4/9. 57 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke“

In VDE 0720 Teil 4/9. 57, Nachdruck vom 8. 60, muß es im Abschnitt zu Teil 1, § 18, unter e) 1. bei drucklosen Geräten, bei denen ein Staudruck auftreten kann, richtig „3,0 kp/cm²“ heißen.

Der Kommissionsvorsitzende
Nawo

VDE-Vorschriftenstelle
Weise

Mitteilungen der VDE-Bezirksvereine

Delegiertenversammlung

Am 8. Dezember 1960 fand erstmalig im neuerbauten Haus der Elektrotechnik in Frankfurt a. M., Stresemannallee 21, eine ordentliche Delegiertenversammlung des VDE statt. Aus den Beratungen seien folgende Punkte hervorgehoben:

Für die Amtsperiode 1961—1963 wurden als Mitglieder des VDE-Vorstandes wiedergewählt die Herren von Ammon, Förster, Gabberger und Peters; an Stelle des aus Krankheitsgründen ausgeschiedenen Herrn von Mangoldt wurde Herr Günter für den Rest der Amtsperiode 1960—1962 gewählt. Weiter gehört Herr Kleen, München, als neuer NTG-Vorsitzender und Nachfolger von Herrn Piloty dem VDE-Vorstand an.

Für die Amtsperiode 1961—1962 wurden der bisherige stellvertretende Vorsitzende, Herr von Ammon, zum Vorsitzenden und Herr H. J. Lindner zum stellvertretenden Vorsitzenden des VDE gewählt.

Der Vorstand des VDE für die Amtsperiode 1961—1962 setzt sich also wie folgt zusammen:

Direktor i. R. Dipl.-Ing. G. von Ammon, München (Vorsitzender),
Dr.-Ing. H. J. Lindner, Bamberg (stellvertretender Vorsitzender),
Direktor Dr. phil. nat. M. Förster, Köln,
Direktor Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing. A. Gabberger, Marl,
Prof. Dr.-Ing. F. W. Gundlach, Berlin,
Direktor Dipl.-Ing. A. Günter, München,
Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. A. Hobrecker, Münster,
Min.-Direktor Dipl.-Ing. O. Kirchner, Bonn,
Direktor Prof. Dr. phil. nat. habil. W. Kleen, München,
Vizepräsident Min.-Rat Dipl.-Ing. A. Peters, München,
Direktor Prof. Dipl.-Ing. W. Strahinger, Darmstadt,
Direktor Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing. H. Thörner, Frankfurt a. M.

Es wurde festgelegt, daß die 52. Hauptversammlung des VDE vom 15. bis 22. Oktober 1962 in Düsseldorf stattfinden soll. Die nächste Delegiertenversammlung ist für den 18. oder 19. Mai 1961 in Karlsruhe vorgesehen.

Direktor Dipl.-Ing. Otzen dankte im Namen der Delegiertenversammlung dem aus dem Amt als Verbandsvorsitzender scheidenden Prof. Dr.-Ing. Gundlach für die großen Verdienste, die er sich als stellvertretender Vorsitzender und später als Vorsitzender des VDE um die Leitung des Verbandes in der Amtsperiode 1959—1960 erworben hat.

Mitgliederversammlung des Elektrotechnischen Vereins Berlin e. V.

Auf der Mitgliederversammlung am 15. Dezember 1960 wurde den Herren Bokelmann, Kannengießer und Schönfelder die goldene VDE-Ehrendadel und weiteren 21 Mitgliedern die silberne VDE-Ehrendadel ausgehändigt. Die Mitgliederversammlung wählte für das Jahr 1961 als Vorsitzenden Prof. Dr.-Ing. G. Rothert, als Stellvertreter Direktor Dr.-Ing. H. Rimkus, als Schatzmeister Direktor Dipl.-Ing. H. Langnehr und als weitere Vorstandsmitglieder Dipl.-Ing. M. Kromrey und Oberger. O. Scheffler.

Aus dem Tätigkeitsbericht des Vorstandes sei erwähnt, daß der Verein jetzt 1392 persönliche und 23 korporative Mitglieder zählt und daß die z. Z. laufenden 7 Kurse der Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaften insgesamt von 1007 Personen besucht werden.

Vor über 800 Besuchern hielt Dipl.-Ing. G. Janus im großen Sendesaal des „Haus des Rundfunks“ einen Vortrag über „Rundfunk-Stereophonie“, der durch Demonstrationen eindrucksvoll ergänzt wurde. Insbesondere fand eine halbstündige Zweikanal-Sendung des Senders Freies Berlin allgemeines Interesse, die in dieser Art erstmalig einem größeren Publikum geboten wurde. He

VDE-Verlag GmbH

Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33

Folgende Gesamtfassungen liegen vor:

VDE 0250/11. 60 (enthält die Änderung b)
Vorschriften für isolierte Starkstromleitungen 5,60 DM
VDE 0712 Teil 6/8. 60 (enthält die Änderung b)
Vorschriften für Zubehör für Leuchtstofflampen und
Leuchtstoffröhren mit Nennspannungen unter 1000 V
Teil 6 Sondervorschriften für Lampen- und Starter-
fassungen —,60 DM

Neue englische Übersetzung:

VDE 0271/4. 60 (engl.)
Specifications for Rubber Insulated and Rubber
Sheathed or Plastic Insulated and Plastic Sheathed
Cables for Electricity Supply 4,40 DM

VDE-ZEICHEN-GENEHMIGUNGEN

62. Nachtrag zur Buchzusammenstellung nach dem Stande vom 1. 11. 1955
mit Sammelnachtrag nach dem Stande vom 1. 1. 1957

Neu erteilte Genehmigungen

Installationsmaterial

D-Schmelzeinsätze

Nederlandse Weber Mij. N. V., Coevorden (Holland)

D-Schmelzeinsätze E 27, 6 und 10 A, 500 V, flink, zylindrischer Körper
aus Porzellan — Typen: —



Sicherungssockel

Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen

Die für den Nennbereich 60 A 500 V bereits genehmigten D-Sicherungssockel E 33, Typen TZ 60, UZ 60 s, EZ 60 ... und TZV 60 sind jetzt für den neuen Nennbereich 63 A 500 V genehmigt.

Fassungen für Glühlampen

Rudolf Zimmermann oHG, Bamberg

Fassung E 27, 4 A 250 V; einteilige Einbaufassung aus Porzellan — Typ: 920.

Gerätesteckdosen

Norbert Kordes, Sohlingen/Solling

Gerätesteckdosen 10 A 250 V, zweipolig mit Schutzkontakt, nach DIN 49 491, Warmgerätesteckdosen (T); Vorderteil aus Steatit, Griffteil aus Formstoff Typ 31 oder 131 — Typen: 1400 b, — w.

Geräte



Leuchten (ortsfest)

Bunte & Remmler, Frankfurt am Main

Nurglas-Deckenleuchten mit Metallteller, abgedeckte Ausführung, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), bestückt mit Fassungen E 14, 2 A 250 V bzw. E 27, 4 A 250 V, in den Ausführungen: 1 Fassung E 14, maximale Bestückung 40 W — Typen: 018, 018 S, 01, 01 S, 01 F, 01 Gf, 02 Gf, 040, 011; 2 Fassungen E 14, je 40 W — Typ: 09 Gf; 1 Fassung E 27, 60 W — Typen: 02, 02 S, 02 F, 03 aGf; 2 Fassungen E 27, je 60 W — Typen: 05, 05 S, 05 F; 1 Fassung E 27, 75 W — Typen: 03, 03 S, 03 F, 036, 036 a, 04, 04 S, 04 F, 041; 2 Fassungen E 27, je 75 W — Typen: 06, 06 S, 06 F; 1 Fassung E 27, 100 W — Typen: 038, 038 a.

Brunnquell, Ingolstadt

Porzellan-Deckenleuchte E 27, 250 V, 60 W; abgedeckte Ausführung, Schutzklasse II (schutzisoliert) — Typ: 4011.

Rudolf Zimmermann oHG, Bamberg

Nurglas-Deckenleuchten mit Metallteller, abgedeckte Ausführung, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), bestückt mit Fassungen E 27, 4 A 250 V, in den Ausführungen: 1 Fassung E 27, maximale Bestückung 60 W — Typen: 250, 2525, 2027; 1 Fassung E 27, 75 W — Typen: 300, 306, 3030; 2 Fassungen E 27, je 60 W — Typen: 350, 400, 3737, 2233; 2 Fassungen E 27, je 75 W — Typen: 500.

Raumheizgeräte

Rowenta Metallwarenfabrik GmbH, Offenbach/Main

Heizlüfter 220 V~, 2000 W; Stahlblechgehäuse, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit Temperaturregler, Anschluß durch Gerätestecker nach DIN 49 490 — Typ: E 5245.

Heißwasserbereiter (ortsfest)

Siemens-Electrogeräte AG, München

Drucklose Heißwasserspeicher 220 V~, 2000 W; Stahlblechbehälter üblicher Bauart, Nutzinhalt 5 oder 8 Liter, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), fester Anschluß — Typen: NHF 5 a, —5 b, —8 a, —8 b.

Temperaturregler und dergleichen

Eberle & Co Elektro GmbH, Nürnberg

Sicherheitstemperaturbegrenzer 6, 10, 15, 20 und 32 A, 220 V~, 1-, 2- oder 3-polig — Typ: 708, als geringfügige Modifikation des Temperaturbegrenzers Typ 708.

Temperaturbegrenzer Typ 15 003, elektrische Daten wie vor, als geringfügige Modifikation des Temperaturreglers Typ 706.

Stabtemperaturregler und -begrenzer Typ 15 004, elektrische Daten wie vor, als geringfügige Modifikation der Temperaturregler-Temperaturbegrenzer-Kombination Typ 15 009.

Elektra GmbH, Hagen

Bi-Metall-Temperaturregler 10 A 250 V~, einpoliger Ausschalter, Regelbereich + 40° ... + 300 °C, höchst zulässige Schaltwerkstemperatur + 300 °C — Typ: 2022.

Dr. Stiebel-Werke GmbH & Co, Holzminde

Staubsaugungs-Temperaturbegrenzer 20 A, 380 V~, zweipolig; für Einbau, höchst zulässige Schaltwerkstemperatur + 100 °C, Einstellbereich + 35° ... + 85 °C — Typ: AW 2 A.

Temperaturbegrenzer wie vor, Einstellbereiche + 45° ... + 115 °C bzw. + 35° ... + 90 °C — Typen: AW 2 B, — AW 2 C.

Staubsauger

Baumgarten KG, Berlin-Neukölln

Haushaltsstaubsauger 220 V, 300 W, Schutzklasse II (schutzisoliert); walzenförmiges Stahlblechgehäuse üblicher Bauart; Anschluß durch Kleingerätestecker nach DIN 49 493 ohne Schutzkontakt, mit Geräte-einbauschalter 6 A 250 V, Funkstörgrad N eingehalten — Typ: Matador-Elite-Super.

Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen

Siemens-Electrogeräte AG, München

Drosselspulen für Leuchtstofflampen 220 V, 40 W, 0,440 A, 50 Hz, offene Ausführung, zur Montage mit Gummiputtern; Betrieb mit Kompensationskondensatoren 3,75 µF, 380 V~ — Typ: LZ 4010.

Kondensatoren der Rundfunk- und Entstörtechnik

Siemens & Halske AG, München

Entstörkondensatoren wie bereits genehmigter Typ B 81 711 ..., jetzt für 220 V/300 V~, 0,25 µF + 2 × 1500 pF (b) — Typ: B 81 711 AB 08.

Leitungen und Zubehör

Isolierte Starkstromleitungen

(VDE-Kennfaden schwarz-rot)

Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi,, Charleroi (Belgien)

Kunststoffaderleitungen — Typ: NYA.

Kunststoffmantelleitungen — Typ: NYM mehradrig.

Pirelli S. p. A., Mailand (Italien)

Mantelleitungen — Typ: NYM mehradrig.

Plastro-Mayer GmbH, Trochtelfingen/Hohenz.

Mantelleitungen — Typ: NYM mehradrig.

Starkstromkabel

(VDE-Kennfaden schwarz-rot)

Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi,, Charleroi (Belgien)

Kabel mit Kunststoffisolierung und Kunststoffmantel — Typen: NY ... Y (U₀ = 0,6 und 3,5 kV).

Installationsrohre



Rohrwerk Haltern GmbH, Haltern/Westf.

Ohne Werkzeug biegbare Installationsrohre aus Kunststoff, gerillt, ohne Auskleidung; Verlegungsgruppen A und C — Nennmaße: 13,5 und 16 mm.

Tehalit Kunststoffwerk GmbH, Heltersberg/Pfalz

Installationsrohre aus Kunststoff, ungerillt, ohne Auskleidung, Verlegungsgruppen A und C, Nennmaße: 13,5 — 16 — 21 und 29 mm.

Neu erteilte Genehmigungen zur probeweisen Verwendung

Leitungen und Zubehör

Probeweise verwendbare isolierte Starkstromleitungen

(VDE-Kennfaden schwarz-rot-gelb)

Elektro-Isolierwerke Schwarzwald AG, Villingen (Schwarzwald)

Leichte Kunststoffschlauchleitungen — Typen: NYLHYrd(PR), —fl(PR).

Probeweise verwendbare isolierte Leitungen und Kabel für Fernmeldeanlagen

Kabelwerk Friedrich C. Ehlers, Hamburg

Schlauchdraht mit Zugentlastung — Typ: Y(Z)Y(PR).

Kabelwerk Reinshagen GmbH, Wuppertal-Ronsdorf

Schlauchdraht — Typ: Y(St)Y(PR).

Schlauchdraht mit Zugentlastung — Typ: Y(Z)Y(PR).

Gestrichene Genehmigungen

Die hierunter aufgeführten Streichungen von Zeichengenehmigungen verstehen sich — soweit nicht im Einzelfall ausdrücklich etwas anderes angegeben ist — auf Genehmigungsausweise, die wegen Einstellung der Fertigung der bisher genehmigten Artikel oder wegen Übergang auf abgeänderte und inzwischen neu genehmigte Bauarten ungültig geworden sind.

Installationsmaterial

D-Sicherungssockel

Sursum-Elektricitäts-Gesellschaft Leyhausen & Co, Nürnberg

D-Sicherungssockel E 27, 25 A 500 V, Typ: 142 sind gestrichen.

Verbindungsmaterial

Günter Spelsberg KG, Schalksmühle

Abzweigdosen 380 V, 2,5 qmm, Schutzart C — Typen: 331/... sind gestrichen.

Stecker

Hermann Kleinhuis, Lüdenscheid

Stecker 6 A 250 V, zweipolig ohne Schutzkontakt, nach DIN 49 401 — Typ: 870 sind gestrichen.

Geräte

Heißwasserbereiter (ortsfest)

Hinkel & Sohn GmbH, Frankfurt am Main

Durchlauferhitzer 220 oder 220/380 V, 3000/6000/9000 W — Typ: BM 3745 sind gestrichen.

Heizkissen

Gisela Bahlmann KG, Schalksmühle

Heizkissen 220 V, 60 W, schutzisoliert, Typ: Häsi sind gestrichen.

VERANSTALTUNGSKALENDER

Amberg: VDE-Bezirksverein Nordbayern, Zweigstelle Amberg, Richthofenstr. 1

1. 3. 1961, 20.00, SSW-Gerätewerk, Amberg, Haselmühlstr. 50: „Als Austausch-Wissenschaftler in der Sowjet-Union“, Dr.-Ing. L. Müller, Braunschweig.

Bonn: VDE-Bezirk Köln, Zweigstelle Bonn, Immenburgstr. 7—11.

14. 2. 1961, 19.00, Fernmeldeamt, Unterrichtssaal, Reuterstr. 65: „Landesfernwahl als Beispiel für Informationsverarbeitung in der Fernsprechtechnik“, Dipl.-Ing. F. Licht, München.

Braunschweig: ETV Braunschweig, Technische Hochschule, Pockelstr. 4.

16. 2. 1961, 20.00, Technische Hochschule, Hörsaal P 2, Hauptgebäude, Pockelstr. 4: „Über einige Neuentwicklungen transistorisierter programmgesteuerter Rechengerate und ihre Bedeutung für den Einsatz in Wissenschaft und Industrie“, Dr. Bodo.

16. 2. 1961, 20.00, Technische Hochschule, Hörsaal M 1: „Technische Anwendung radioaktiver Isotope“, Dr. W. Schäfer, Heiligenhaus.

23. 2. 1961, 20.00, Technische Hochschule, Hörsaal P 2, Hauptgebäude, Pockelstr. 4: „Das X₁-System für elektronische Datenverarbeitung und seine Verbreitung“, Dr. E. Horst; „Erfahrungen bei Betrieb eines firmenunabhängigen Industrie-Rechenzentrums“, Dr. H. K. Schuff.

Darmstadt: VDE-Bezirksverein Frankfurt, Zweigstelle Darmstadt, Luisenstr. 12 (Heag-Haus).

22. 2. 1961, 19.30, Technische Hochschule, großer Hörsaal für Elektrotechnik: „Kontaktlose Steuerungstechnik für den industriellen Einsatz“, Dipl.-Ing. G. Sinn, Erlangen.

Frankfurt: VDE-Bezirksverein Frankfurt, Rothschildallee 33.

21. 2. 1961, 17.30, Hörsaal für Angewandte Physik, Robert-Mayer-Str. 2: „Sternpunktung, Erdschluß und Erdkurzschluß“, Dipl.-Ing. M. Erche, Erlangen.

Hagen: VDE-Bezirk Bergisch Land, Zweigstelle Hagen, Frankfurter Str. 89.

21. 2. 1961, 18.00, Elektromark, Vortragssaal: „Schaltgeräte mit extrem kurzen Schaltzeiten“, Prof. Dr.-Ing. P. Brückner, Ratingen.

Hamburg: VDE-Bezirk Hamburg, Gerhart-Hauptmann-Platz 48.

23. 2. 1961, 17.30, Völkerkundemuseum, Rothenbaumchaussee: „Prüfung von Hochspannungsschaltern“, Prof. Dr.-Ing. A. Hochrainer, Kassel.

Hannover: ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70.

21. 2. 1961, 18.15, Technische Hochschule, Hörsaal 42: „Die Bemessung von elektrischen Ausgleichswellen“, Prof. Dr.-Ing. H. Jordan, Hannover.

Kassel: VDE-Bezirk Kassel, Scheidemannplatz 1.

9. 2. 1961, 18.00, Hessisches Landesmuseum, Hörsaal: Mitgliederversammlung mit Vorführung des Filmes „Impuls unserer Zeit“.

Kiel: VDE-Bezirk Schleswig-Holstein, Kiel, Gartenstr. 6.

7. 2. 1961, 17.30, Schleswig-Holsteinische Landesbrandkasse, Kleiner Saal, Gartenstr. 4: „Industrielle Meßtechnik“, Obering. Brandenburger, Karlsruhe.

21. 2. 1961, 17.30, Schleswig-Holsteinische Landesbrandkasse, Kleiner Saal, Gartenstr. 4: „Anwendungsmöglichkeiten der elektrothermischen Wärmeerzeugung“, Dr. Haacke, Belecke.

Köln: VDE-Bezirk Köln, Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192.

17. 2. 1961, 18.00, Staatliche Ingenieurschule, Ubierring 48: „Interkontinentale Fernmeldeverbindung in Gegenwart und Zukunft“ Min.-Dir. Dipl.-Ing. O. Kirchner, Bonn.

Mainz: VDE-Bezirksverein Frankfurt, Zweigstelle Mainz, Wiesbaden-Biebrich, Volkestr. 78.

21. 2. 1961, 19.00, Feldbergschule, Aula, Rheinallée, Eingang Hafenstr.: „Die Grundlagen der Automatisierung (Können Maschinen denken?)“, Dipl.-Ing. V. Kussl, Mannheim.

Mannheim: VDE-Bezirk Kurpfalz, Mannheim D 3, 15.

22. 2. 1961, 17.30, Kunsthalle, Mannheim: „Die Einschwingspannung in Hochspannungsnetzen“, Dr. R. Leber, Kassel.

München: ETV München, München 8, Rosenheimer Str. 5.

20. 2. 1961, 18.00, Deutsches Museum, Vortragssaal 1: „Nachrichtenübertragung für Energieversorgungsunternehmen“, Dr.-Ing. E. Alsleben, München.

Neheim-Hüsten: VDE-Bezirk Bergisch Land, Zweigstelle Neheim-Hüsten, Heidestr. 4, i. Hs. Lenze KG.

16. 2. 1961, 20.00, Hotel Egen, Mendenerstr. 15: „Kunststoffe, ihre Eigenschaften und Anwendung in der Elektrotechnik“, Dipl.-Ing. W. Laeis, Troisdorf.

Nürnberg: VDE-Bezirksverein Nordbayern, Nürnberg, Keßlerstr. 40.

28. 2. 1961, 19.30, Germanisches Nationalmuseum, Vortragssaal, Karthäusergasse 7: „Als Austausch-Wissenschaftler in der Sowjet-Union“, Dr.-Ing. L. Müller, Braunschweig.

Solingen: VDE-Bezirk Bergisch Land, Zweigstelle Solingen, Donaust. 51.

21. 2. 1961, 19.30, CVJM-Heim, Am Birkenweiher 42: „Ingenieuraufgaben an Energieverteilungsnetzen in Übersee“, Ing. H. Hage, Erlangen.

Würzburg: VDE-Bezirksverein Nordbayern, Zweigstelle Würzburg, Semmelstr. 27.

20. 2. 1961, 18.00, UWW, Vortragssaal „Elektroberatung“, Kaiserstr. 29: „Neue Hochleistungs-Installations-Selbstschalter zur Beherrschung höchster Kurzschlußströme“, Dipl.-Ing. H. Drubig, Mannheim.

Wuppertal: VDE-Bezirk Bergisch Land, Zweigstelle Wuppertal, Wuppertal-Elberfeld, Ravensberger Str. 149.

7. 2. 1961, 18.00, Vorwerk & Co., Vortragsraum, Wuppertal-Barmen, Mühlenweg 48, VII. Stock: „Hochspannungs-Isolatoren aus Gießharz“, Ing. E. Hartmann.

Essen: Haus der Technik, Essen, Hollestr. 1.

10. 2. 1961, 15.30, Haus der Technik: „Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Supraleitung“, Prof. Dr. G. Lautz, Braunschweig, Prof. Dr. H. Haken, Stuttgart.

10. 2. 1961, 17.00, Haus der Technik: „Grundlagen der praktischen Regelungstechnik“, Dr.-Ing. E. Samal, Heiligenhaus.

BEKANNTMACHUNGEN

Commission Internationale de l'Eclairage

Beim Auslandsarchiv des Deutschen Normenausschusses (DNA) können folgende Veröffentlichungen bezogen werden:

Publikation CIE Nr. 1 (1957): Internationales Wörterbuch der Lichttechnik, 2. Aufl., Bd. 1 (136 S., DIN A 4); Preis 15,30 DM.

Hierin sind 530 lichttechnische Begriffe und ihre Definitionen in den Sprachen Französisch, Englisch und Deutsch enthalten.

Publikation CIE Nr. 3 (1959): Internationales Wörterbuch der Lichttechnik, Bd. 2 (127 S., DIN A 4); Preis 24,65 DM.

Das Buch enthält die in Bd. 1 zusammengestellten Begriffe in den Sprachen Französisch, Englisch, Deutsch, Dänisch, Spanisch, Italienisch, Holländisch, Polnisch, Russisch und Schwedisch, jedoch ohne die im ersten Band gegebenen Definitionen.

Publikation CIE Nr. 2 (1959): Farbe von Signallichtern (33 S., DIN A 4); Preis 11,90 DM.

Enthalten sind die von der CIE angenommenen internationalen Empfehlungen für Farben von Signalsystemen mit 3, 4 und 5 Farben und Hinweise für die Anwendung der Empfehlungen in Französisch, Englisch und Deutsch.

Publikation CIE Nr. 4 bis 7 (1960): Tagungsbericht über die 14. Hauptversammlung der CIE in Brüssel 1959; Bände A bis D; Preis 89,25 DM.

In den Sprachen Französisch, Englisch oder Deutsch; bei Bestellung sämtlicher Bände erfolgt die Lieferung in einem dunkelblauen Sammelkarton.

Publikation CIE Nr. 4 (1960) Bd. A: Strahlungsquellen (212 S., DIN A 4); Preis 31,45 DM.

Licht- und Strahlungsquellen; Lichtmessung; Farbmessung u. ä. sowie Protokolle über die Vollsitzungen.

Publikation CIE Nr. 5 (1960) Bd. B: Lichttechnik (160 S., DIN A 4); Preis 21,25 DM.

Beleuchtung und Sehen, Tageslicht, Lichttechnische Gesetze, Lichttechnischer Unterricht.

Publikation CIE Nr. 6 (1960) Bd. C: Beleuchtungspraxis (148 S., DIN A 4); Preis 21,25 DM.

Wohnräume, Schulen, Büros, Industrie, Bergwerke, Verkaufsräume, Studios, Bühnen, Sportplätze und -hallen, usw.

Publikation CIE Nr. 7 (1960) Bd. D: Verkehrsbeleuchtung (96 S., DIN A 4); Preis 15,30 DM.

Straßen und Autobahnen, Automobile, Flugwesen, Lichtsignale.

Internationale Ausstellung für Brand-, Strahlen- und Katastrophenschutz in Köln

Vom 23. Juni bis 2. Juli 1961 findet in Köln eine Internationale Ausstellung für Brand-, Strahlen- und Katastrophenschutz „Inter-schutz — Der Rote Hahn“ statt, in deren Rahmen der Kernenergie-Anwendung ein breiter Raum gewidmet sein soll. Nähere Auskunft erteilt die Messe- und Ausstellungs-Gesellschaft mbH Köln-Deutz, Postschließfach 140, Fernruf 67 51.

Deutscher Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine

Der Vorstand des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine wählte in seiner Sitzung am 14. Dezember 1960 in Berlin Bundesminister Professor Dr.-Ing. S. Balke als Nachfolger von Staatssekretär Professor Dr.-Ing. K. Herz einstimmig zum Vorsitzenden des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine für die Zeit vom 1. Januar 1961 bis zum 31. Dezember 1963. Gleichzeitig wurde Professor F. M. Küper, Präsident der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Münster, zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Dem engeren Vorstand gehören ferner als stellvertretender Vorsitzender Dipl.-Ing. Fr. Flender, Vorsitzender des Vereins Deutscher Ingenieure, und als Schatzmeister Generaldirektor Dr.-Ing. H. Kost, zugleich in seiner Eigenschaft als Präsident des Deutschen Nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz, an.

Der Deutsche Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine umfaßt und vertritt heute 64 angesehene wissenschaftliche Gesellschaften der Ingenieure, Chemiker und Physiker.

PERSÖNLICHES

W. Zieten f. — Unerwartet erlag am 10. November 1960 Direktor *Walter Zieten*, Vertriebschef der Firma Gossen, Erlangen, einem Herzinfarkt.

Zieten wurde am 28. Nov. 1901 in Berlin geboren. Nach Anfangsstellungen in Berliner Firmen des Elektromotorenbaues kam er 1929 nach Erlangen als Ingenieur zu Reiniger, Gebbert & Schall (heute Siemens-Reiniger-Werke). 1933 trat *Zieten* in den damals noch kleinen Betrieb der Firma Gossen ein. 1957 wurde er dort zum Direktor ernannt und leitete im letzten Jahrzehnt mit beispielgebender Initiative den Vertrieb.

Zietens großes Wissen und Können wurden von der Fachwelt anerkannt und geschätzt. Dies fand seinen Ausdruck darin, daß er in den Beirat der Fachabteilung Elektrische Meßtechnik des ZVEI berufen wurde, wo er den Exportausschuß leitete. Eine Reihe von Jahren war der Verstorbene auch Mitglied der VDE-Kommission 0410.

fi.

W. Arndt. — Am 21. Januar 1961 beging Prof. Dr.-Ing. *Wilhelm Arndt*, einer der angesehensten Vertreter der Lichttechnik in Deutschland, seinen 65. Geburtstag.

Nach fünfjähriger Soldatenzeit im ersten Weltkrieg und anschließendem Studium der Elektrotechnik an der TH Berlin-Charlottenburg wandte sich *Arndt* mit großer Begeisterung der Lichttechnik zu. Von 1922 bis 1935 wirkte er — zuerst als wissenschaftlicher Assistent, später als Privatdozent — am Beleuchtungstechnischen Institut der TH Berlin. 1935 wurde er zum Professor ernannt und übernahm gleichzeitig die Leitung des Instituts.

Da sein Institut gegen Ende des letzten Krieges zerstört wurde, war *Arndt* in der Nachkriegszeit zunächst einige Jahre freiberuflich tätig, bis er sich 1950 als lichttechnisch-wissenschaftlicher Berater der Deutschen Philips GmbH zur Verfügung stellte. Der Aufbau der lichttechnischen Abteilung dieser Firma ist im wesentlichen sein Verdienst.

1955 wurde ihm von Philips die Aufgabe übertragen, ein lichttechnisches Laboratorium einzurichten, dessen Leitung er bis heute innehat.

Alle lichttechnischen Organisationen und Gremien in Deutschland, die Lichttechnische Gesellschaft, der Fachnormenausschuß Lichttechnik, das Deutsche Nationale Komitee der CIE und die „Studiengemeinschaft Licht“ erfreuen sich seit vielen Jahren der regen Mitarbeit *Arndts*, denen er teils als Vorstands-, teils als Ausschußmitglied angehört. Die Lichttechnische Gesellschaft wählte ihn im vergangenen Jahr als scheidenden Vorsitzenden zu ihrem Ehrenmitglied.

Aus gesundheitlichen Rücksichten wird *Arndt* jetzt mit Erreichen der Altersgrenze in den Ruhestand treten.

L. Hannakam. — Dr.-Ing. *Ludwig Hannakam* wurde von der Fakultät für Elektrotechnik an der TU Berlin für das Wintersemester 1960/1961 der Lehrauftrag für das Fachgebiet „Dynamisches Verhalten elektrischer Maschinen“ erteilt.

ot

H. Hömberger. — Am 7. Dezember 1960 wurde Dipl.-Ing. *Hermann Hömberger* 75 Jahre alt.

Nach Abschluß des Studiums der Elektrotechnik an der TH Aachen arbeitete *Hömberger* zunächst mehrere Jahre als Prüffeld- und Berechnungsingenieur in der Maschinenfabrik der AEG und im Dynamowerk der Siemens-Schuckertwerke in Berlin. 1913 trat er in den technischen Schuldienst Preußens ein und war bis zum Ende des ersten Weltkrieges an der Maschinenbauschule in Graudenz, anschließend 10 Jahre an der Maschinenbau- und Hütteneschule in Duisburg und von 1929 bis 1932 im Dezernat für das Berufs- und Fachschulwesen bei der Regierung in Düsseldorf tätig. 1932 wurde ihm die Leitung der Ingenieurschule in Frankfurt a. M., 1935 die der Dortmunder Ingenieurschule übertragen.

Nach seinem Eintritt in den Ruhestand und der Verlegung seines Wohnsitzes nach Frankfurt a. M. im Jahre 1950 widmet er sich auch heute noch der Ausbildung des Nachwuchses. Daneben verfaßte er eine „Einführung in die Elektrotechnik“ und bearbeitete den Abschnitt „Gleichstrommaschinen“ in dem „Taschenbuch für Elektrotechniker“ sowie „Anlagen zur Erzeugung und Umformung elektrischer Energie“ in Bd. 1 des von M. Reck herausgegebenen Werkes „Starkstrom-Anlagen“.

P. H. Reitz

E. Schulze. — Der Chefelektriker der Bewag, Prof. Dr.-Ing. *Erich Schulze*, konnte am 31. Dezember seinen 65. Geburtstag feiern.

Seit 1928 gehört der Jubilar der Bewag an und hat mit seinen großen praktischen Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen als Chefelektriker des Unternehmens einen entscheidenden Beitrag für den Aufbau und die Entwicklung großstädtischer Verteil-

lungsnetze geleistet. Sein besonderes Interesse gilt der Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom. Seine hier geleistete wissenschaftliche Arbeit hat ihm in den führenden internationalen Gremien der Starkstromtechnik große Anerkennung zuteil werden lassen.

E. Schulze ist ein führendes Mitglied in deutschen und internationalen Vereinigungen und Fachausschüssen, die sich mit der Fortleitung und Verteilung elektrischer Energie befassen. Im Juni 1960 wurde er zum Honorarprofessor an der Technischen Universität Berlin ernannt.

JUBILÄUM

A. Lompe. — Sein 25-jähriges Dienstjubiläum bei der Osram GmbH beging am 2. Januar 1961 Direktor Prof. Dr. *Arved Lompe*.

Der im Jahre 1907 in Frankfurt/Oder Geborene studierte Physik an der Technischen Hochschule in Hannover und den Universitäten Göttingen und Greifswald. Nach der Promotion und einer Assistententätigkeit in Greifswald trat er im Jahre 1936 in die Osram-Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung ein, deren Direktor er im Jahre 1956 wurde. Im Juli 1960 wurde *A. Lompe* vom Senator für Volksbildung als Honorarprofessor für das Gebiet der Gasentladungsphysik an die Technische Universität Berlin berufen.

fi.

BÜCHER

DK 621.316.7(075.4)

Faustformeln des Regeltechnikers. Von *R. Winckler*. Mit 48 S., 26 B., Format 12 cm × 19 cm. R. v. Decker's Verlag, G. Schenck GmbH., Hamburg 1960. Preis brosch. 4,40 DM.

In einer kurzen aber einprägsamen Abhandlung werden dem Praktiker Anhaltspunkte für Entwurf, Einstellung und Inbetriebnahme von Regelanlagen, insbesondere in der Wärme- und Verfahrenstechnik, gegeben. Das Bändchen enthält keine unnötigen mathematischen Betrachtungen und ist für den Praktiker sehr gut geeignet.

Nach einer Einführung über die wichtigsten Kenndaten eines Speichersystems (Regelstrecke) wird das Einstellen von I-, P- und PI-Reglern beschrieben. Für Regelstrecken höherer Ordnung wird das Einstellen für den PID-Regler — unter anderem die Regeln von *Ziegler* und *Nichols* — behandelt. Soweit erforderlich, werden die Reglerfunktionen an mechanischen Reglertypen erläutert.

Mit diesem kurzen Werk wird der Verfasser sicher viel Anklang in der Praxis finden. Es enthält nicht zu viel und nicht zu wenig.

H. Kaltenecker

DK 621.3.024(022.12)

Grundbegriffe der Gleichstromtechnik. Von *F. Bergtold*. Mit 390 S., 373 B., Format 14,5 cm × 21 cm. Richard Pflaum Verlag, München 1960. Preis Kunstleder 24,60 DM.

In einer systematischen Darstellung werden die wesentlichen Zusammenhänge der Gleichstromtechnik eingehend behandelt, wobei der Verfasser von der wichtigen Erkenntnis ausgeht, daß der angehende oder in der Praxis stehende Elektrotechniker mit den Grundbegriffen der Gleichstromtechnik vertraut sein muß.

Mit den Strombahnen beginnend, werden die Zählrichtung und Zahlenwert-Vorzeichen für Ströme und Spannungen ausführlich behandelt. Aus diesen Einheiten folgt die Grundeinheit des Widerstandes und des Leitwertes, wobei auf die linearen Widerstände und auf die strom- und spannungsabhängigen, also nicht linearen Widerstände eingegangen wird, und schon hier als gepolter Widerstand das elektrische Ventil behandelt wird. Es ist zu begrüßen, daß dabei der Leser mit den Begriffen Durchlaßstrom, Sperrstrom, Sperr sättigungsstrom und mit der Diode vertraut gemacht wird, mit dem Zusammenfassen nichtlinearer Widerstände in Reihen-, Parallel-, Gegeneinander- und Antiparallelschaltung. Wichtige Kombinationen der Reihenparallelschaltung führen den Verfasser zum Spannungsteiler als Ersatzspannungsquelle und zur Kettenschaltung mit *L*, *T* und π -Gliedern, wofür zahlreiche Beispiele aufgeführt sind. Im Hinblick auf die Bedeutung in den Fernmelde- und Elektronikschaltungen wird der Behandlung von Stellwiderständen mit linearer und exponentieller Kennlinie sowie mit Umlend- und S-Kennlinien besondere Bedeutung beigemessen.

Die Betrachtung der Gleichstromquellen-Ersatzschaltungen führt über Spannungsverläufe längs eines Stromkreises zur Stromquellen-Kennlinie für den Leerlauf-, Belastungs- und Kurzschlußfall und zur Ermittlung des Schnittpunktes der Stromspannungs-Kennlinie einer Stromquelle mit ihrem Belastungswiderstand im stabilen und labilen Betriebsfall. Über den Begriff der elektrischen Arbeit, des Drehmomentes und der Leistung geht der Verfasser auf die Wirkungsgrad-Kennlinien ein und behandelt die Leistungsanpassung.

In den folgenden Abschnitten wird in verständlicher Weise auf die Zweipole und Vierpole eingegangen, was sehr zu begrüßen ist,

weil diese Begriffe in der Elektrotechnik und Nachrichtentechnik häufig vorkommen, und es ist zu hoffen, daß in den zu erwartenden weiteren Bänden der Wechselstromtechnik, ohne Matrizen- und Determinantenrechnung anzuwenden, der aktive und passive Zweipol und Vierpol und deren Konstantenermittlung wiederkehren. Als gute Vorbereitung für das Studium des Strömungsfeldes, des elektrischen und magnetischen Feldes wird eingehend die Strömung in Blechen als zweidimensionales Problem und das Strömungsfeld bei einem räumlich ausgebreiteten elektrischen Strom erwähnt, was für Erdungsfragen hinsichtlich des Ausbreitungswiderstandes eines Stab- und Rohrerders im Boden von Bedeutung ist.

Bei der Betrachtung der Berührungsspannung hätte auf die einschlägigen VDE-Bestimmungen hingewiesen werden können.

Die Erscheinungen und Begriffe des elektrischen Feldes sind leider sehr kurz weggekommen. Eine gründliche Behandlung des Kapitels „Magnetisches Feld“ umfaßt die Ermittlung des magnetischen Widerstandes, die Darstellung des Verlaufs der Magnetisierungsschleifen und die Analogie zwischen Dauermagnet und Stromquelle, auch der Einfluß der magnetischen Feldlinien im Luftspalt ist behandelt. Hier wäre ein Hinweis auf die Ausmessung von Magnetfeldern mit Hilfe der Hallgeneratoren wertvoll gewesen.

Über die übliche Gleichstromtechnik hinaus ist in lebendiger Darstellung vieles vermittelt worden, was zur Grundlagenbildung und zum Verständnis der Grundbegriffe beiträgt. Es ist zu hoffen, daß die Wechselstromtechnik in einem weiteren Band auch so eingehend, klar und sorgfältig behandelt wird.

E. Müller

DK 621.31(038)=945.11=3=2=82

Villamos művek (Ungar. Elektrische Anlagen). Von K. Szendy. Verlag: Terra, Budapest 1960. Mit 235 S. DIN A 5; (Műszaki értelmező szótár. 9. Technisches Definitions-Wörterbuch. Bd. 9), Preis Kunstleder 45,— Forint.

In der „UNESCO Bibliography of Interlingual Scientific and Technical Dictionaries“ (Paris 1954) ist die ungarische Sprache schwach vertreten. In den dort aufgeführten Fachwörterbüchern der Elektrotechnik befindet sie sich überhaupt nicht. Darum ist es sehr zu begrüßen, daß jetzt in Ungarn ein groß angelegtes „Technisches Definitions-Wörterbuch“ in Angriff genommen wird, dessen 9. Band das vorliegende Wörterbuch ist.

Dieser Band umfaßt die Sachgebiete: Netzaufbau, Freileitungen, Kabel, isolierte Leitungen, elektrische Festigkeit, Schaltanlagen, Kurzschluß- und Überspannungsschutz und Meßtechnik. Die Wortstellen sind gleichartig aufgebaut: der (fettgedruckten) ungarischen Benennung folgt eine (normalgedruckte) Definition in Ungarisch und danach (fettgedruckt) eine deutsche, englische und russische Benennung. Diese Wortstellen sind alphabetisch nach den ungarischen Benennungen angeordnet. Für die übrigen Sprachen gibt es jeweils ein alphabetisches Verzeichnis, in dem jeder Benennung die Seitenzahl der Wortstelle beigelegt ist.

Neben dem Verfasser zeichnen für das Werk verantwortlich drei Mitarbeiter und sechs Berater. Sie alle verdienen es, daß das handliche, sauber gedruckte Wörterbuch überall Eingang findet — auch bei solchen Benutzern, die nur die deutschen, englischen und russischen Fachausdrücke benötigen.

A. Warner

DK 621.313.001.4(022.4)

Prüfung und Abnahme von elektrischen Maschinen. Von F. Reinhardt. 2. Aufl. Mit 481 S., 3 B., 248 Taf., Format 15,5 cm × 21,5 cm. Hrsg. F. Moeller. Verlag G. Braun, Karlsruhe 1960. Preis Ganzln. 48,— DM.

Das zuerst 1956 herausgegebene Buch ist in der jetzigen neuen Auflage um ein Mehrfaches erweitert worden. Beschränkte es sich seinerzeit auf die allgemeinen Grundlagen zum Prüfen elektrischer Maschinen, so enthält es jetzt auch eine sehr ausführliche Besprechung der bei den verschiedenen Maschinenarten gebräuchlichen Prüfverfahren.

Im ersten Teil des Buches werden zunächst die Messungen der mechanischen, elektrischen, thermischen, aerodynamischen und akustischen Größen beschrieben. Dann folgt die Prüfung der Einzelteile von Maschinen, wie z. B. die Widerstandsmessung, Isolationsmessung und Schleuderprüfung. Daran schließen sich die für alle Maschinen gleichen Untersuchungen an: die Prüfung bei Leerlauf, im Kurzschluß, bei Belastung, beim Hochlauf und bei Drehzahlsteuerung.

Der zweite Teil befaßt sich mit den besonderen Prüfungsvorgängen an Transformatoren, Asynchronmaschinen, Synchronmaschinen, Gleichstrommaschinen und Kommutatormaschinen für Wechsel- und Drehstrom.

Abschluß des Heftes: 25. Januar 1961

Schluß des Textteiles

Schriftleitung: Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21; Fernruf 60 341, Fernschreiber (Telex) 04-12 871.

Hauptschriftleiter: Dr.-Ing. P. Jacottet (für den redaktionellen Teil verantwortlich).

Schriftleiter: Dipl.-Ing. W. H. Hansen.

Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21; Fernruf 60 341.

Auf eine Beschreibung des Aufbaus, der wichtigsten Kenngrößen und des Betriebsverhaltens der jeweiligen Maschine folgen sehr eingehend die einzelnen Prüfungen in der Reihenfolge des Herstellungsgangs. Besonderer Wert wird auch auf die Darstellung von Prüfungen beim nichtstationären Betrieb gelegt. Durch die Ausführlichkeit und die breite Anlage des zweiten Teiles ist das Buch, im Gegensatz zur ersten Auflage, sehr umfangreich geworden. Es erscheint deswegen weniger für den Studenten geeignet, jedoch wird es dem Prüffeld-Ingenieur mit der Fülle des Stoffs und dem umfangreichen Schrifttumsverzeichnis willkommene Hilfe leisten können.

W. Freise

DK 621.375.1(075.4)

Hi-Fi-Verstärker-Schaltungen. Von E. Rodenhuis. Populäre Reihe Philips' Technische Bibliothek. Mit 120 S., 64 B., Format 14,8 cm × 21 cm. N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Holland) 1960. Preis kart. 8,50 DM.

High Fidelity (HiFi), d. h. getreue Tonwiedergabe von Rundfunk-, Tonband- und Schallplatten-Darbietungen, hat in den letzten Jahren zunehmendes Interesse erlangt. Zum Erzielen von Hi-Fi-Wiedergabe bedarf es sehr hochwertiger Verstärker, Lautsprecher und Signalquellen. Das kleine Buch behandelt die Fragen der Hi-Fi-Verstärker. Darin werden erprobte Verstärker-Schaltungen angegeben, die sich nicht nur durch hohe Wiedergabequalität auszeichnen, sondern auch, bei angemessenem Aufwand, von all denen nachgebaut werden können, die über die wichtigsten Grundkenntnisse verfügen. Es wendet sich an diejenigen Leser, die selbst hochwertige Verstärker bauen und damit experimentieren wollen, sowie an kleinere Hersteller von Hi-Fi-Anlagen, an Ela- und Service-Techniker, Studierende und Amateure.

Im ersten Abschnitt werden allgemeine Betrachtungen über die schaltungstechnische Auslegung von Hi-Fi-Verstärkern angestellt. Im zweiten Abschnitt werden Leistungsverstärker für 3 W, 10 W und 20 W Ausgangsleistung besprochen und im dritten Abschnitt Vorverstärker behandelt. Das Buch ist sehr klar geschrieben. Bei einer Neuauflage des Buches sollten Stereo-Verstärker berücksichtigt werden, die in diesem Band noch nicht aufgenommen worden sind.

H. H. Klinger

BUCHINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

Transduktoren. Fachbuchreihe „Industrielle Elektrotechnik“. Bd. 1. Von H. Kielgas. Mit 151 S., 137 B., Format 16 cm × 24,5 cm. Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1960. Preis Ganzln 14,— DM.

Die Lichtbogen-Schweißmaschinen. Von Th. Königshofer. 2. erw. Aufl. Mit 63 S., 28 B., 1 Taf., Format 15 cm × 21 cm. Technischer Verlag Herbert Cram, Berlin 1960. Preis brosch. 6,20 DM.

Transduktortechnik. Theorie und Anwendung steuerbarer Drosseln. Von W. Schilling. Mit 267 S., 193 B., Format 15,5 cm × 24 cm. Verlag R. Oldenbourg, München 1960. Preis Kunststoff 40,— DM.

Grund-Schaltungen der Radio-, Phono- und Fernsehtechnik. Von H. Richter. Mit 215 S., 126 B., Format 13 cm × 20 cm. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1961. Preis Ganzln. 12,— DM.

Meßpraxis. Selbstbau von Meßgeräten der Radiotechnik und Elektronik. Von H. Richter. Mit 271 S., 185 B., Format 13 cm × 20 cm. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1960. Preis Ganzln. 15,— DM.

Deutsche Technikerschulen 1960. Mit 285 S., zahlr. B., Format 24,5 cm × 21,5 cm. Hrsg. Arbeitskreis der Direktoren an Deutschen Ingenieurschulen. VDE-Verlag GmbH, Berlin 1960. Preis Kunststoff 6,80 DM.

Kein Ingenieurmangel mehr, wenn ... Von K. Schnaubert. Mit 64 S., 7 B., Format 15 cm × 21 cm. VDE-Verlag GmbH, Berlin 1961. Preis brosch. 3,— DM.

Folgende Aufsätze erschienen in der ETZ-Ausgabe A vom 30 Januar 1961: Heft 3

K. Potthoff: Das magnetische Feld der kreisförmigen Windung.

T. Boduroglu: Beitrag zur Entwicklung kupferarmer Luft- und Öltransformatoren durch mehrfache Stufung der äußeren Wicklung.

H. G. Gerlach: Stromversorgung eines Motorenprüffeldes mit netzfremden Frequenzen.

J. W. Schroeder: Einphasige Belastung selbstregelnder Asynchrongeneratoren.

F. Loebner: Nomogramm zur Bestimmung der Sternpunktterdspannung in Drehstromnetzen.

Verlag und Anzeigenverwaltung: VDE-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, Fernruf 34 01 41, Fernschreiber (Telex) 01-84 083.

Anzeigenleitung: Kurt Totzauer.

Bezugspreis (halbjährlich zuzügl. Zustellgebühr) 14,— DM, für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 10,— DM; Ausgabe A und B zusammen 34,— DM, für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 24,— DM. Einzelpreis dieses Heftes 1,50 DM.

Druck: Deutsche Zentraldruckerei AG, Berlin SW 61, Dessauer Straße 6/7.